

**النمو العمراني لمدينة دمنهور:  
دراسة باستخدام نموذج التفاعل التلقائي للخلايا  
د. هاني سامي عبد العظيم أبو العلا**

تاريخ استلام البحث: ٢٠١٧/٥/٩

تاريخ قبول البحث: ٢٠١٧/٦/١٤

## النمو العمراني لمدينة دمنهور: دراسة بإستخدام نموذج التفاعل التلقائي للخلايا د. هاني سامي عبد العظيم أبو العلا<sup>١</sup>

### المخلص:

تُعاني معظم المدن في جمهورية مصر العربية من مشكلات النمو العمراني و ما يتبعها من عدم كفاية الموارد المتاحة في كثير من الأحيان، و التي من أهمها مشكلات الزحف على الأراضي الزراعية المحيطة بالمدن. مما دعا العاملين في مجال تخطيط المدن و الدارسين للعمران الحضري إلى محاولة إدارة هذه المشكلات و التنبؤ بأبعادها المستقبلية للحد منها. وقد ظهرت في الآونة الأخيرة مجموعة من المفاهيم الجديدة كالتنمية المستدامة Sustainable Development والنمو الذكي Smart growth وغيرها، تماشياً مع عدد من الدراسات الجغرافية التي تهدف بشكل أساسي إلى تحقيق مستوى جيد من الإدراك المكاني لأسباب و اتجاهات النمو العمراني.

وتهدف الدراسة إلى الفحص الدقيق لمراحل تطور الكتلة العمرانية لمدينة دمنهور (إحدى مدن دلتا نهر النيل) من خلال استخدام عدد من المرئيات الفضائية المتتابعة للمدينة، ومن ثم استخدام أحد نماذج محاكاة النمو العمراني في المدن لاستقراء صورة النمو المستقبلي لها، حيث تم استخدام نموذج "SLEUTH" وهو نموذج تم تطويره بجامعة كاليفورنيا الأمريكية من النموذج الأصلي المعروف بنموذج "التفاعل التلقائي للخلايا Cellular Automata" وذلك باستحداث خوارزمية تستند إلى الخصائص المكانية لما يجاور موقع مكان ما من مواقع أخرى. وقد اعتمدت الدراسة على استخدام برامج Arc Gis 10.3 و Erdas Imagine 2012 و SLEUTH بالإصدار 2.1 في إعداد البيانات وتحليلها و الوصول لنتائج الدراسة.

و جاء اختيار نموذج SLEUTH لإجراء الدراسة لعدد من الأسباب من أهمها: سهولة استخدامه و ملائمة لبيانات وبرامج الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية المتاحة، بالإضافة لأنه يمكن مراقبة نتائجه في كل مرحلة من مراحل التشغيل، فضلاً عن إتاحة تحميل النموذج والخطوات

التفصيلية لتطبيقه من على شبكة الانترنت. وقد تم معايرة النموذج اعتماداً على عدد من المرئيات الفضائية المتتابعة زمنياً، وعدد من الخصائص الجغرافية للمكان بهدف محاكاة سلوك أنماط النمو العمراني في مراحل المختلفة حيث تم الخروج بمقاييس دقيقة لأثر العوامل الجغرافية المختلفة على هذا النمو، و استخدامها للتنبؤ بأبعاد و محاور النمو العمراني مستقبلاً.

(١) استاذ مساعد جغرافية العمران و نظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب ، جامعة الفيوم

**URBAN GROWTH OF DAMANHUR CITY:  
A STUDY USING CELLULAR AUTOMATA,  
(SLEUTH) MODEL**  
Dr. Hany Samy Abdel Azeem Abu El Ela<sup>1</sup>

**Abstract:**

Most cities in the Arab Republic of Egypt suffer from the problems of urban growth and its consequent inadequacies of available resources, particularly, the encroachment on agricultural land around cities is one of the most important manifestations of it. This has prompted urban planners and geographers to pay attention to this issue trying to manage it and predict its future trends.

A number of geographical studies have recently emerged, aimed at achieving a good level of spatial understanding of the causes, trends and behavior of urban growth. So, the literature of geography has witnessed new concepts such as sustainable development, smart growth and modeling tracking, by so doing, the impact of factors influencing it at every stage.

This paper aims at studying the urban growth of Damanhur city (one of the Nile Delta cities) by investigating its stages. It applies "SLEUTH" (one of the urban growth simulation models) to extrapolate the image of the city future growth. The study uses Arc GIS (10.3) Erdas Imagine (2012) and SLEUTH (2.1) in data preparation and analysis.

The SLEUTH model has been developed from the original one, known as "Cellular Automata" at the American University of California. This has been conducted

through developing of an algorithm. based on the spatial characteristics of a location and its neighbors status by the activation of a number of spatial rules in order to simulate the urban growth in its development stages.

Choosing "SLEUTH" model was for a number of reasons : its ease to use, compatibility with the remote sensing and GIS data, possibility of following results, and the model with its instructions could be downloaded from the Web.

The "SLEUTH" model was calibrated based on a number of sequential satellites images and some geographic characteristics of the studied place to simulate the growth behavior in its different stages, and then concludes precise measurements of the impact of varied geographical factors on this growth, with an aim of using it to predict the dimensions and axes of the future urban growth.

<sup>1</sup> Ass. Prof. of Urban Geography and GIS, Faculty of Arts, Fayoum university.

## -١- مقدمة

للمدخلات المستخدمة في النموذج و هي بالترتيب: انحدار سطح الأرض Slope و استخدامات الأرض Land- Exclude و الأماكن المستثناه من النمو العمراني Urban والكتلة العمرانية و العلاقات المكانية الهندسية بين الظاهرات Topology، التي تحكمها شبكة النقل Transportation ونموذج التدرج الرمادي الثلاثي الأبعاد لسطح الأرض Hillshad.

وجدير بالذكر إن اختيار نموذج SLEUTH لإجراء الدراسة جاء لعدد من الأسباب من أهمها: سهولة استخدامه وملائمته لبيانات وبرامج الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية المتاحة، بالإضافة لأنه يمكن مراقبة نتائجه في كل مرحلة من مراحل التشغيل، فضلاً عن إتاحة تحميل النموذج والخطوات التفصيلية لتطبيقه من على شبكة الانترنت. وفيما يلي قائمة بأهم المصطلحات المستخدمة في الدراسة (جدول رقم ١)

## ٢- منطقة الدراسة

كإحدى المدن التي شهدت نمواً عمرانياً مضطرباً في السنوات الأخيرة، فقد تم اختيار مدينة دمنهور للدراسة بهدف تتبع سلوك هذا النمو و استقرار أهم محاوره، بالإضافة لمحاولة رسم الصورة المستقبلية التقريبية للكتلة العمرانية للمدينة ووضعها أمام المخططين و صانعي القرار لتكون بمثابة الأساس الذي تبنى عليه القرارات و الخطط المستقبلية.

و تأتي أهمية مدينة دمنهور ذات المساحة وحجم السكان المتوسطين إلى القيمة التاريخية و الأثرية لها، التي ترجع جذورها لعصر الفراعنة، بالإضافة لكونها مركزاً إدارياً و عاصمة لمحافظة البحيرة (إحدى المحافظات الهامة في غرب دلتا نهر النيل). و يذكر محمد رمزي إن قسم دمنهور قد أنشئ في عام ١٨٢٦ و كان مقره مدينة دمنهور، ثم ما لبث أن انتقلت صفة الإدارة إلى مركز أبو حمص في عام ١٨٧١، ثم أعيدت الإدارة مرة أخرى إلى دمنهور في عام (١٨٨١). و تقع المدينة شمال غرب دلتا نهر النيل إلى الغرب من فرع رشيد كما يوضح شكل رقم (٢) عند التقاء خط طول ٢٩° ٣٠' شرقاً بدائرة عرض ٣١° ٠٢' شمالاً. حيث تتمتع

تُعاني معظم المدن في جمهورية مصر العربية من مشكلات النمو العمراني و ما يتبعها من عدم كفاية الموارد المتاحة في كثير من الأحيان، و يعتبر الزحف على الأراضي الزراعية المحيطة بالمدن من أهم مظاهر هذا النمو. و قد دعا ذلك العاملين في مجال تخطيط المدن و الدارسين للعمران الحضري إلى الاهتمام بهذه القضية و محاولة إدارتها و التنبؤ بأبعادها المستقبلية للحد من مشكلاتها، و ذلك لارتباطها الوثيق بخطط التنمية المستقبلية.

وقد ظهرت في الآونة الأخيرة عدد من الدراسات الجغرافية التي تهدف بشكل أساسي إلى تحقيق مستوى جيد من الإدراك المكاني لأسباب و اتجاهات النمو العمراني، فشهدت أدبيات جغرافية العمران و التخطيط الحضري مفاهيم جديدة كالتنمية المستدامة sustainable development و النمو الذكي smart growth وغيرها من المفاهيم المتعلقة بتفسير المشكلة من خلال تحليل و نمذجة السلوك الزمني للنمو العمراني و تتبع أثر العوامل المؤثرة فيه في كل مرحلة (١). و تهدف هذه الورقة إلى دراسة النمو العمراني لمدينة دمنهور (إحدى مدن دلتا نهر النيل) من خلال الفحص الدقيق لمراحل تطور الكتلة العمرانية للمدينة، و من ثم استخدام أحد نماذج محاكاة النمو العمراني في المدن لاستقراء صورة النمو المستقبلي لها، حيث تم استخدام نموذج "SLEUTH" وهو نموذج تم تطويره بجامعة كاليفورنيا الأمريكية من النموذج الأصلي المعروف بنموذج "التفاعل التلقائي للخلايا Cellular Automata" وذلك باستحداث خوارزمية تستند إلى الخصائص المكانية لما يجاور موقع مكان ما من مواقع أخرى، بناءً على تفعيل عدد من القواعد المكانية لمحاكاة النمو العمراني في مراحل تطوره. بحيث تتم معايرة النموذج اعتماداً على عدد من المرئيات الفضائية المتتابعة زمنياً، و عدد من الخصائص الجغرافية للمكان بهدف محاكاة سلوك أنماط النمو العمراني في مراحل المختلفة (شكل رقم ١) و من ثم الخروج بمقاييس دقيقة لأثر العوامل الجغرافية المختلفة على هذا النمو، حيث يستخدم النموذج تلك المقاييس للتنبؤ بأبعاد و محاور النمو العمراني مستقبلاً. و تأتي تسمية نموذج SLEUTH من الأحرف البادئة

(١) إسماعيل يوسف إسماعيل (٢٠٠٤) الدراسات العمرانية المعاصرة بتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، منشأة المعارف، الإسكندرية

جدول رقم (١) قائمة بأهم المصطلحات المستخدمة في الدراسة.

المصطلح	التعريف
Cellular Automata (.C.A)	نموذج التفاعل التلقائي للخلايا - نموذج رياضي يتكون من شبكة من الخلايا، يعمل بطريقة منتظمة، بحيث تتغير حالة كل خلية تبعاً لحالات ما يجاورها من خلايا، بشكل منتظم ووفقاً لقواعد محلية محددة، ويعرف ب نموذج الفراغات الخلوية و نموذج حركة الفسفيساء.
SLEUTH	أحد النماذج الفرعية لنموذج التفاعل التلقائي للخلايا (.C.A) يستخدم في دراسات النمو العمراني.
DEM	النموذج الرقمي لارتفاعات سطح الأرض - أحد الطرق الحديثة التي تستخدم برامج نظم المعلومات الجغرافية في تمثيل ارتفاعات سطح الأرض بحيث يتضمن النموذج الإحداثيات المستوية لكل نقطة (X,Y)، بالإضافة لإحداثي البعد الثالث لها (Z).
Slope	نموذج ميل سطح الأرض - أحد الطرق الحديثة التي تستخدم برامج نظم المعلومات الجغرافية في تمثيل ميل سطح الأرض بدرجات متفاوتة أو بنسب مئوية، اعتماداً على النموذج الرقمي لارتفاعات سطح الأرض.
Hillshade	نموذج ظلال التلال - أحد الطرق الحديثة التي تستخدم برامج نظم المعلومات الجغرافية في تمثيل تضاريس سطح الأرض بدرجات متفاوتة من اللون الرمادي، اعتماداً على النموذج الرقمي لارتفاعات سطح الأرض، كما يعرف بنموذج التدرج الرمادي الثلاثي الأبعاد لسطح الأرض. وقد اعتمدت الدراسة على استخدام برامج Arc Gis 10.3 و Erdas Imagine 2012 و SLEUTH بالإصدار ١, ٢ في إعداد البيانات وتحليلها والوصول لنتائج الدراسة.

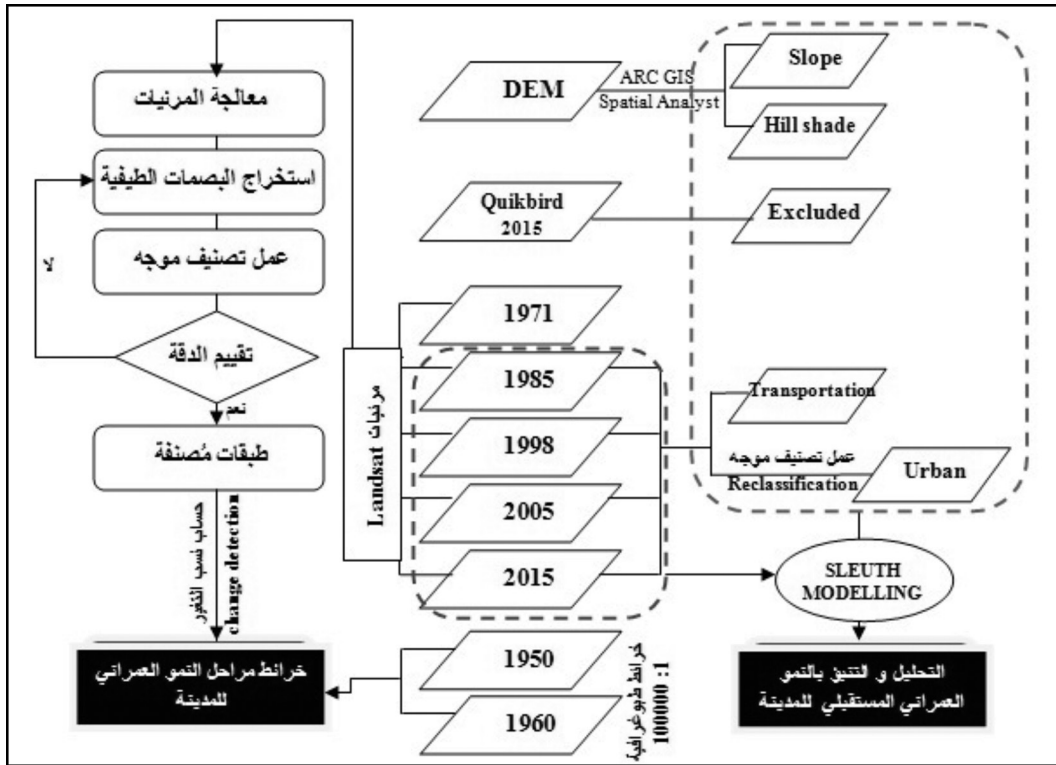
دمنهور تحتل بقعة مرتفعة في منسوب سطحها عما يجاورها من مناطق، ويعزي هذا إلى إن النواة الأصلية للمدينة قد احتلت موضعاً مرتفعاً من سطح الأرض من دلتا نهر النيل تقادياً لأخطار الفيضانات قديماً.

بموقع مركزي داخل محافظة البحيرة وإقليم غرب الدلتا، إذ تبعد عن مدينة الإسكندرية ٦٠ كيلومتر، كما ترتبط بعدد من المدن و عواصم محافظات الوجه البحري عبر شبكة متباينة المستويات من الطرق، يعد من أهمها طريق القاهرة الإسكندرية الزراعي، الذي يخترق المدينة، وطريق القاهرة الإسكندرية الصحراوي، الذي يمر إلى الغرب منها ببضعة كيلومترات، فضلاً عن عدد من الطرق تنتهي إليها مما حولها من مدن.

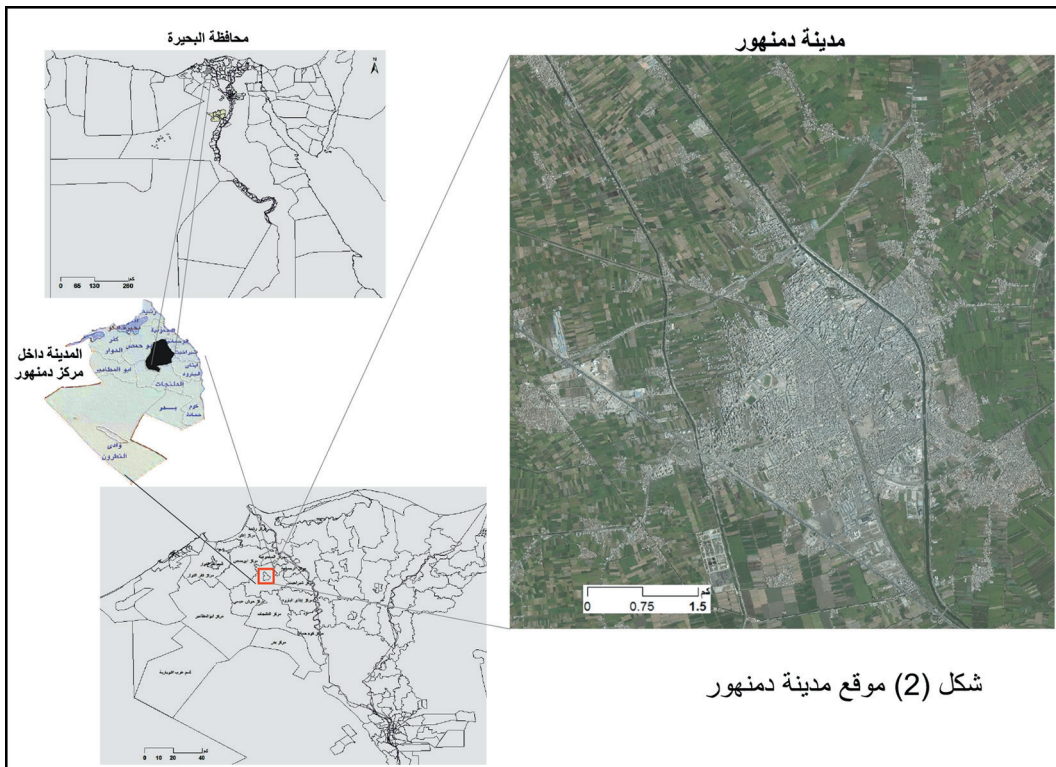
و كما يذكر أحمد إسماعيل إن لكل مدينة موضعها المميز لها، الذي يحكم نمو العمران فيها، بل ويرسم نمط هذا النمو، فإن موضع مدينة دمنهور يشارك موقعها كأحد العوامل الهامة التي تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على تطورها ونموها العمراني. ، بينما يشير غلاب<sup>(٢)</sup> إلى أن مدينة

(١) أحمد علي اسماعيل (١٩٩٢) دراسات في جغرافية المدن، دار الثقافة للنشر و التوزيع، القاهرة.

(٢) محمد السيد غلاب ، يسري الجوهرى (١٩٩١) جغرافية الحضر ، منشأة المعارف ، الإسكندرية .



شكل (١) الهيكل التخطيطي لمراحل الدراسة



شكل (2) موقع مدينة دمنهور

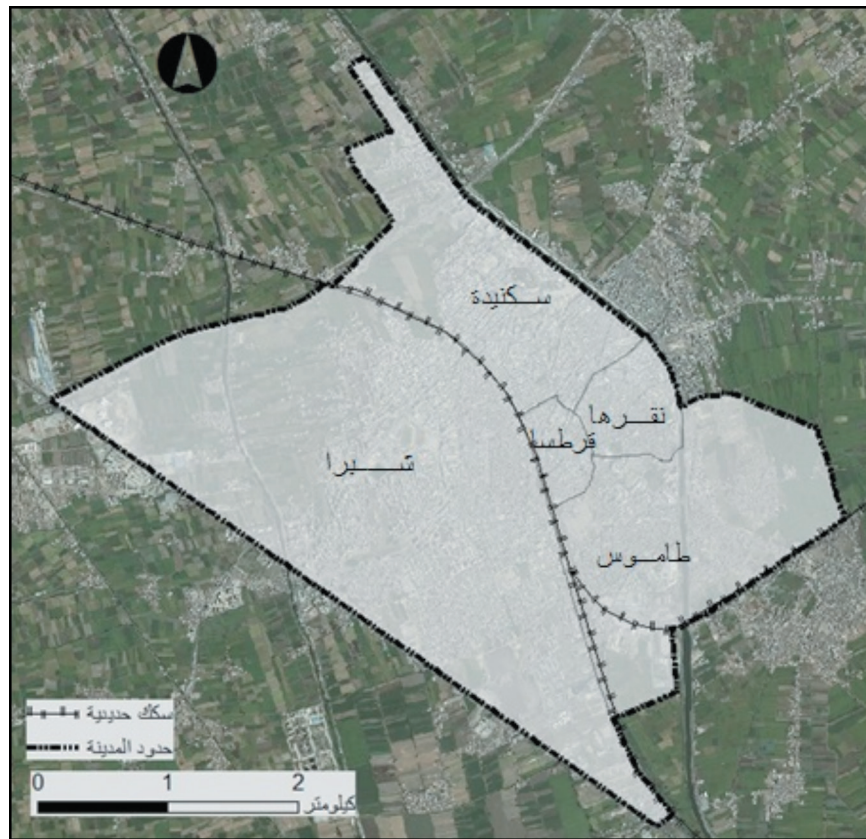
شكل (٢) موقع مدينة دمنهور

### ٤- النمو السكاني للمدينة:

تأتي دراسة نمو السكان و توزيعهم كأحد أهم العناصر التي تُأخذ في الاعتبار في دراسات نمو المدن و تطور العمران فيها، حيث تعتبر من أهم محركات هذا النمو. و يؤكد ماسك Masekj وزملاءه بقسم الجغرافيا بجامعة ميرالاند الأمريكية<sup>(٢)</sup> على الأثر الملحوظ للنمو المضطرد للسكان على النمو العمراني في العالم خلال القرن الماضي. كما يؤكد باتي Batty الجغرافي و المخطط العمراني الانجليزي على الارتباط الشديد بين نمو العمراني للمدن و معدلات النمو السكاني والاقتصادي فيها<sup>(٣)</sup>.

### ٣- التقسيم الإداري للمدينة:

كما يوضح في الشكل رقم (٣) فإن مدينة دمنهور تنقسم إداريا إلى خمسة أحياء، يُعد أكبرها مساحة هو حي شبرا، الذي يحتل الشطر الغربي من المدينة، البالغ مساحته ١٨٠٠ فدان بنسبة ٥٤,٩% من المساحة الإجمالية للمدينة البالغ ٣٢٧٩,٥ فدان<sup>(١)</sup>. وتحتل الأحياء الأربعة الأخرى الشطر الشرقي من المدينة، حيث يأتي حي طاموس في الترتيب الثاني من حيث المساحة، إذ تبلغ مساحته ٧١٨,٥ فدان بنسبة ٢١,٩%، يتبعه حي سكنيدة ثم نقرها بمساحات ٥٥٨,٩ و ١٢٩,٩ أفدنة بنسب ١٧% و ٤% على التوالي. بينما يأتي حي قرطسا كأصغر أحياء المدينة مساحةً، إذ تسجل مساحته ٧٢,٢ فدان بنسبة ٢,٢% من إجمالي مساحة المدينة.



شكل (٣) التقسيم الإداري لمدينة دمنهور

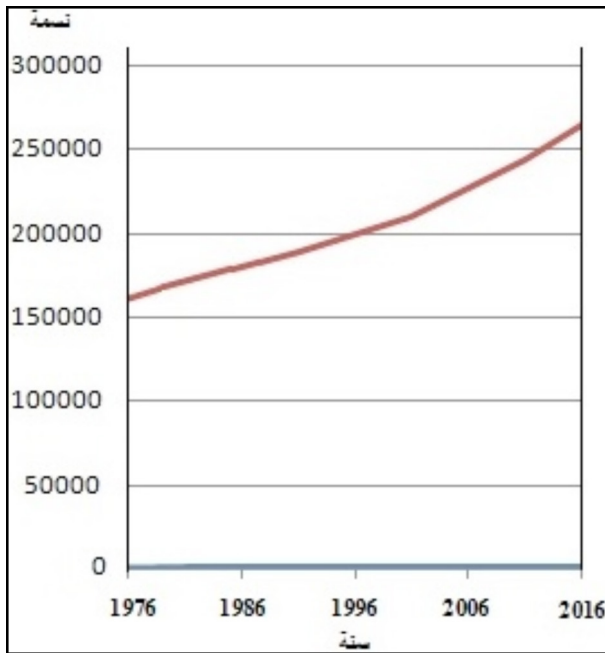
(١) تم قياس مساحات الأحياء ألياً من خلال قاعدة البيانات الجغرافية داخل برنامج Arc Gis 10.3 .

<sup>2</sup> Masekj. G., Lindsay F. E. and Goward S. N. (2000), Dynamics of urban growth in the Washington DC metropolitan area, 1973–1996, from Landsat observations, International Journal of Remote Sensing, Vol. 21, No. 18, p.3473.

<sup>3</sup> Batty, M. et al. (1999), Modeling Urban Dynamics Through GIS- Based Cellular Automata, Computers, Environment and Urban Systems, 23(3), pp. 205-233.

جدول رقم (٢) نمو السكان في مدينة دمنهور بين أعوام ١٩٧٦ و ٢٠١٦

السنة	عدد السكان بالنسمة	معدل الزيادة السنوية % (٢)
١٩٧٦	١٧٠٦٣٣	-
١٩٨٦	١٨٨٩٣٩	١,٠٧
١٩٩٦	٢٠٩٤٣٢	١,٠٨
٢٠٠٦	٢٤٤٣٣٦	١,٦٦
٢٠١٦	٢٨٥٥٦٣	١,٦٩



شكل رقم (٤) نمو سكان مدينة دمنهور (١٩٧٦:٢٠١٦)

وطبقاً لبيانات إحصاءات السكان، فقد بلغ عدد سكان مدينة دمنهور ٢٧٩٢٤٠ نسمة في عام ٢٠١٦ (١) مما يشير إلى زيادة تعادل ٦١٪ من عدد سكان المدينة، البالغ ١٧٠٦٣٣ نسمة عام ١٩٧٦ في فترة لا تتعدى ٤٠ عام.

ويستطيع المتتبع لبيانات النمو السكاني للمدينة في الفترة من عام ١٩٧٦ إلى عام ٢٠١٦ من خلال الجدول رقم (٢) والشكل رقم (٤) أن يلمس عدداً من الحقائق، من أهمها: سجل عدد سكان المدينة نمواً تدريجياً في الفترة بين عامي ١٩٧٦ و ١٩٩٦، حيث بلغ عدد السكان ٢٠٩٤٣٢ نسمة في عام ١٩٩٦ بزيادة سنوية قدرها ١,٠٨٪ عن عددهم في ١٩٨٦، البالغ ١٨٨٩٣٩ نسمة، و زيادة سنوية ١,٠٧٪ عن عدد السكان المقدر بـ ١٧٠٦٣٣ نسمة وفقاً لتعداد السكان ١٩٧٦. وتُعزى هذه الزيادة التدريجية إلى بدايات مرحلة الانفتاح الاقتصادي في السبعينيات، التي أعقبت فترة من انخفاض معدلات النمو السكاني في الأربعينيات من القرن العشرين، مردودها لعدد من الأمراض والأوبئة المتفشية في هذه الفترة مثل الكوليرا والدفتريا (٢)، وصولاً إلى حرب أكتوبر ١٩٧٣. استمر سكان المدينة في الزيادة بمعدلات زيادة سنوية أكبر بعد عام ١٩٩٦ حيث سجل ٢٤٤٣٣٦ نسمة، بمعدل زيادة سنوية ١,٦٦٪، كما سجل ٢٨٥٥٦٣ بمعدل زيادة سنوية مقدارها ١,٦٩٪ في سنة ٢٠١٦.

وبصفة عامة يمكن القول إن النمو السكاني لمدينة دمنهور جاء في مرحلتين رئيسيتين، أولهما مرحلة النمو التدريجي خلال الفترة من ١٩٧٦ إلى ١٩٩٦ والتي تراوحت معدلات الزيادة السنوية فيها بين ١,٠٧، ١,٠٨، ١,٠٨٪. ثم تلتها مرحلة نمو سريع للسكان أظهرتها بيانات تعدادي ٢٠٠٦، ٢٠١٦ حيث تراوحت معدلات الزيادة السنوية فيها بين ١,٦٦، ١,٦٩٪.

(١) النتائج الأولية لتعداد السكان، الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء.

(٢) أحمد علي إسماعيل، دراسات في سكان مصر، ١٩٨٠، دار الثقافة للنشر والتوزيع، ص ١٧

(٣) تم حساب معدل الزيادة السنوية للسكان اعتماداً على بيانات التعداد بالجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء

$$\frac{P2 - P1}{P1} \times 100 \quad \text{بالمعادلة}$$

حيث P2 = التعداد الأحدث P1 = التعداد الأقدم.



**0- مراحل النمو العمراني لمدينة دمنهور:**

يُعد مفهوم النمو العمراني الحضري من المفاهيم الواسعة الانتشار، التي يمكن تقسيمها إلى عدد ثانوي من المفاهيم مثل: النمو المُدمَج و النمو المُبعثر و النمو المتجمع أو المستمر و النمو العضوي أو ذو التنظيم الذاتي و النمو المُخطط (١). وتعتبر الكتلة العمرانية الحالية لمدينة دمنهور حلقة من حلقات النمو العمراني المتواصلة للمدينة، التي تكونت من خمس قرى منفصلة اتحدت لتمثل النواة الأصلية لها في البداية (٢). ثم ما لبثت المدينة أن نمت في معظم الاتجاهات، حيث كان لحركات النهضة الصناعية و التوسع في بناء المصانع في الستينيات من القرن العشرين دور بارز في ازدهار النمو العمراني للمدينة. وكما يذكر غلاب فقد لعب خط السكك الحديدية الواصل بين مدينتي القاهرة و الإسكندرية، الذي تم إنشائه في نهايات القرن التاسع عشر ليمر مخترقا مدينة دمنهور دوراً بارزاً في ربط المدينة بشكل مباشر بعدد من المدن الكبرى، مما ساعد في نموها بشكل كبير (٣). و من ناحية أخرى فقد ساعد الموقع المتوسط لمحطة السكك الحديدية داخل المدينة على زيادة قيمة النسبية للطرق التي تنتهي إليها من خارج المدينة، مما أدى إلى زحف العمران على هذه الطرق شيئاً فشيئاً للاستفادة من مقوماتها، ومن ثم فقد مثلت شرايين لحركة التجارة عبر المدينة كما هو حال معظم المدن المصرية التي تخترقها السكك الحديدية .

ويذكر كامبل Campbell إن عملية التصنيف الموجه Supervised Classification للمرتبئات الفضائية تُعد من أبرز تطبيقات الاستشعار عن بعد في قدرتها على تمييز كل نمط من أنماط استخدامات الأرض (٤). وقد استعانت الدراسة بالتحليل الرقمي لبيانات عدد من مرتبئات القمر الصناعي الأمريكي Landsat، المتتابعة زمنياً (سنوات ١٩٧١، ١٩٨٥، ١٩٩٨، ٢٠٠٥، ٢٠١٥)، في تتبع تطور نمو الكتلة العمرانية لمدينة دمنهور من خلال إجراء التصنيف الموجه لها (٥) لتحديد الكتلة العمرانية في كل مرحلة. و من ثم تأتي مرحلة تحديد نسبة التغير في الكتلة العمرانية لمدينة دمنهور بتطبيق Change detection في كل مرحلة من مراحل الدراسة، فضلاً عن استخدام الخريطة الطبوغرافية مقياس رسم ١: ١٠٠٠٠٠ لتحديد الكتلة العمرانية للمدينة في سنوات ١٩٥٠، ١٩٦٠ (شكل رقم ٥) حيث لم تتوفر مرتبئة فضائية لهذه السنوات.

و بينما يذكر رايد Ridd إن قياس نسبة التغير باستخدام تطبيق Change detection لأي ظاهرة مكانية في مراحلها المختلفة يعد من الطرق المثالية (٦). إلا إن التحديد الدقيق لنسبة التغير يعتمد بشكل نسبي على مستوى دقة التحليل و دقة تصنيف المرتبئات و طبيعة التغير ذاته، فإن كان التغير ملحوظاً، بأبعاد ملائمة لدقة المرتبئة الفضائية المستخدمة، أمكن تحديده بسهولة. وعلى النقيض يكون من الصعب تحديد نسب التغير إذا كان بسيطاً أو مشتتاً داخل المرتبئة (٧).

1 Jianquan Cheng (2003), Modeling Spatial and Temporal Urban Growth, Doctoral Dissertation, the International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), The Netherlands.

2 Mahmoud Adel Hassan (2002), Assessment of Urban Land-Use Using Geographic Information Systems Case Study: Damanhour City, Thesis Submitted to Institute of Graduate Studies and Research, Alexandria University.

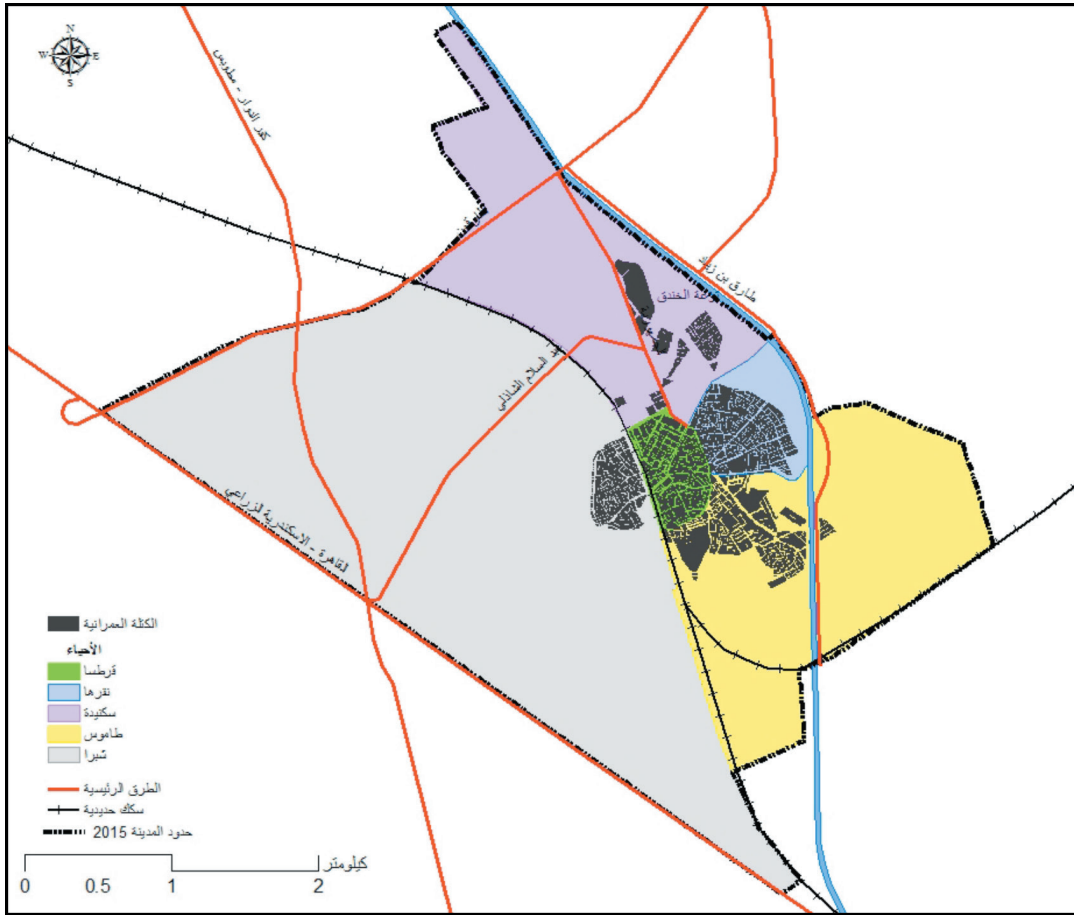
(٣) محمد السيد غلاب ، يسري الجوهري (١٩٩١)، مرجع سابق.

4 Campbell, J.B. (1987), Introduction to Remote Sensing, New York: The Guilford Press.

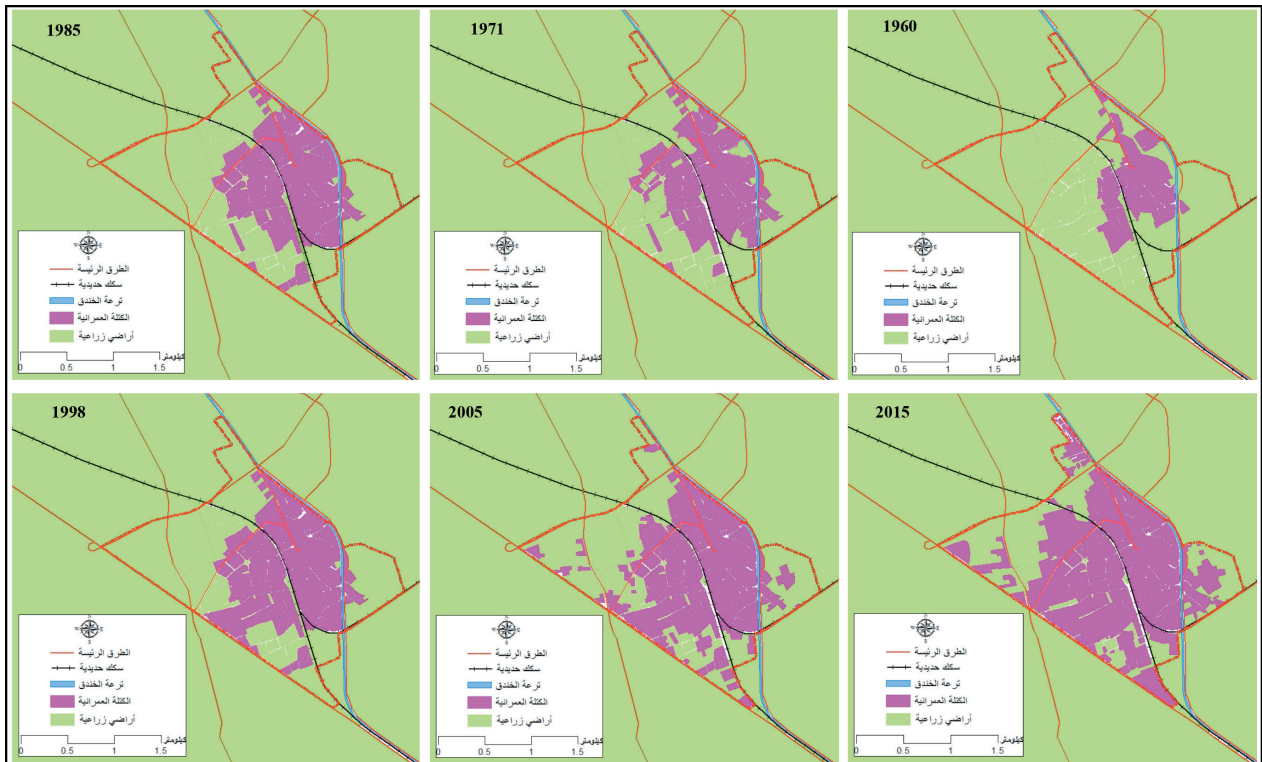
(٥) تم استخدام برنامج ERDAS Imagine 2012 لمعالجة المرتبئات الفضائية لإجراء عمليات التصنيف الموجه وتحديد نسب التغير في العمران Change Detection.

6 Ridd, M. K., and J. Liu (1998) ,A Comparision of Four Algorithms for Change Detection in an Urban Environment., Remote Sensing of Environment, Vol.63, p. 96

7 Milne, A.K. (1988), "Change Detection Analysis Using Landsat Imagery a Review of Methodology," in Proceedings of IGARSS 88 Symposiums, Edinburgh, Scotland, 13-16 September 1988, pp. 541-544.



شكل رقم (٥) الكتلة العمرانية لمدينة دمهور عام ١٩٥٠م.  
 المصدر: الخريطة الطبوغرافية مقياس ١:١٠٠٠٠٠ (١٩٥٠)، حدود المدينة و الأحياء: لوحات الرفع المساحي للمدينة ١:١٠٠٠ (٢٠١٤)



شكل رقم (٦) النمو العمراني لمدينة دمهور (١٩٦٠:٢٠١٥)

أيضاً، فضلاً عن التوسع البسيط في الجنوب الشرقي للمدينة (حي طاموس الحالي). وتقدر المساحة المضافة لل عمران في المدينة بين عامي ١٩٦٠، ١٩٧١ بـ ١,٥٥ كيلومترات مربعة بنسبة ٥٨,٣٪ من إجمالي مساحتها في عام ١٩٦٠. وعلى الرغم من نمو مساحة العمران في المدينة في عام ١٩٨٥ بزيادة قدرها ١,٦٢ كيلومترات مربعة مقارنةً بها في ١٩٧١، إلا إن معظم هذه الزيادة جاءت لتملاً المساحات البيئية داخل الكتلة العمرانية.

ويُعد القطاع الغربي من المدينة بما يملكه من احتياطي عقاري هو الأكبر على الإطلاق من حيث النمو العمراني في أعوام ١٩٩٨، ٢٠٠٥، ٢٠١٥. والمتبع للشكل رقم (٤) يجد اتجاه ملحوظ للتمدد العمراني نحو الغرب والجنوب الغربي في القطاع المحصور بين خط السكك الحديدية وطريق القاهرة الإسكندرية الزراعي، مع وجود نمو عمراني طفيف يظهر في الجنوب الشرقي والشمال في نهاية عام ٢٠١٥. وقد سجلت الكتلة العمرانية للمدينة زيادة تراوحت بين ١,٢٨ كيلومترات مربعة عام ١٩٩٨ و ٠,٨٤، ١,٠٧ كيلومترات مربعة في أعوام ٢٠٠٥، ٢٠١٥ على التوالي.

## ٦- النماذج ودراسات النمو العمراني

يسعى المسؤولون عن التخطيط العمراني و صانعو القرار دائماً إلى إيجاد وسائل وأدوات مبتكرة للمساعدة في إيجاد الحلول لمشكلات العمران المتراكمة، في محاولة لاستيعاب هذه المشكلات والحد من مظاهرها السلبية مستقبلاً. وقد شهدت المشكلات المعقدة للنمو للعمران الحضري عديد من المحاولات للكشف عن خصائصها ومحاولة الحد منها، و يذكر بارودو Barredo إن هناك مجموعة من الخصائص المتباينة للنمو العمراني، يُلخصها في النمو متعدد الاتجاهات (اللاخطي)، النمو المستمر، النمو الموجه، النمو التشابهي، النمو التلقائي (١).

وقد كان لظهور النماذج و تطويرها للملائمة دراسات العمران و النمو الحضري و التطور المستمر لاستخدامات الأرض بالغ الأثر في وضع رؤية مستقبلية لصورة العمران بما يسهم في دراسات المدن و يساعد صانعي القرار في رسم خططهم بشكل أكثر واقعية.

ومن تحليل الجدول رقم (٣) و الأشكال أرقام (٥)، (٦) تظهر الكتلة العمرانية لمدينة دمنهور في عام ١٩٥٠ على هيئة كتلة مندمجة غرب ترعة الخندق، تتفق حدودها الشمالية إلى حد ما مع الحدود الشمالية الحالية لأحياء "قرطسا" و "نقرا" وتمتد لتشمل أجزاء من أحياء "طاموس" و "شبرا"، بينما تظهر عدد من القرى شمال الكتلة المدمجة للمدينة (داخل حدود حي سكنية حالياً) وشرقها (داخل حدود حي طاموس حالياً)، وهي ذاتها التي مثلت نويات للعمران التيتمتها المدينة في مراحل تالية وضممتها لكتلتها العمرانية.

جدول رقم (٣) تطور مساحة الكتلة العمرانية

لمدينة دمنهور (١٩٥٠ - ٢٠١٥)

السنة	مساحة الكتلة العمرانية (كم <sup>٢</sup> )	المساحة المضافة للكتلة العمرانية (كم <sup>٢</sup> )	%
١٩٥٠	١,٩٨	-	-
١٩٦٠	٢,٦٦	٠,٦٨	٣٤,٣
١٩٧١	٤,٢١	١,٥٥	٥٨,٣
١٩٨٥	٥,١٣	١,٦٢	٣٨,٥
١٩٩٨	٧,١١	١,٢٨	٢١,٩
٢٠٠٥	٧,٩٥	٠,٨٤	١١,٨
٢٠١٥	٩,٠٢	١,٠٧	١٣,٥

الجدول إعداد الباحث من بيانات مصدرها قاعدة البيانات

الجغرافية ببرنامج Arc Gis

و تبدو أهم ملامح النمو العمراني في الفترة من عام ١٩٥٠ إلى عام ١٩٦٠ في امتداد العمران ليملاً الفراغات البيئية شمال الكتلة المدمجة لتتصل بشكل تام بالنويات العمرانية المتفرقة شمالها (جنوب حي سكنية حالياً)، فضلاً عن تمدد العمران في القطاع الواقع غرب خط السكة الحديدية (حي شبرا الحالي). وقد زادت مساحة الكتلة العمرانية للمدينة في هذه الفترة بنحو ٠,٦٨ كيلومترات مربعة، بنسبة تُقدر بـ ٣٤,٣٪ من إجمالي مساحتها في عام ١٩٥٠.

و تُظهر ملامح الكتلة العمرانية في عام ١٩٧١ تمداً واضحاً للمدينة في القطاع المحصور بين ترعة الخندق و خط السكك الحديدية، كما يشهد القطاع الواقع غرب خط السكك الحديدية (حي شبرا حالياً) زيادة ملحوظة في مساحته

<sup>1</sup> Barredo, J. I., et al (2003), Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata. Landscape and Urban Planning, 64 (3), 145-160.

بالنماذج محددة العناصر (specific-level). إذ تتضمن نماذج الأنظمة كافة عناصر النظام الحضري بالتحليل، بينما تركز النماذج محددة العناصر على ظاهرة محددة أو مشكلة ما ذات عدد محدد من العناصر. كما كان للصيني تشنج (Jianquan Cheng) (٥) دوره الواضح في تصنيفها إلى نماذج مكانية و نماذج زمانية، وثالثة تعالج الأبعاد المكانية و الزمانية معاً في دراسته التي أجراها لنمذجة الأبعاد الزمانية - المكانية للنمو العمراني، وقد صنفتها إلى نماذج تحليل نمط الظاهرة و نماذج تحليل عملية تطور الظاهرة و نماذج تحليل سلوك التطور من حيث الهدف من التحليل.

وتعدّ النماذج: متعدد العوامل multi-agent والشبكة العصبية model neural network والتكرار الهندسي model fractal و التفاعل التلقائي للخلايا model cellular automata من أشهر النماذج التي شاع استخدامها في النصف الأخير من القرن العشرين و بدايات القرن الواحد والعشرين الميلاديين في دراسة وتتبع الخصائص المعقدة للنمو العمراني الحضري. وبالرغم من تشابه طريقة المعالجة في كل نموذج منها إلا إن لكل منها سماته الخاصة. ويختلف الدارسون في وضع حدوداً فاصلة بين هذه النماذج، فيرى أولدن Olden عالم الايكولوجيا الأمريكي إن نموذج الشبكة العصبية من النماذج ذات الكفاءة الملحوظة في معالجة الظواهر ذات الانحدار اللاخطي (٦). كما يذهب البعض إلى اعتبار نموذج التفاعل التلقائي للخلايا كأحد النماذج الثانوية للنموذج متعدد العوامل، في حين إن آخرين يضعون حدوداً فاصلة بين النموذجين (٧). ويُعزى على الرأي الأخير الإشارة إلى إن النموذج متعدد العوامل يتسم بكفاءته في التعامل مع البيانات

و ترجع البداية الحقيقية لدخول النمذجة مجال الدراسات الحضرية إلى الخمسينيات و الستينيات من القرن العشرين في الولايات المتحدة الأمريكية وغرب أوروبا، فكان نموذج لوري Lowry الذي صممه في عام ١٩٦٤ من أشهر هذه النماذج (١). ثم تطورت فلسفة النمذجة الحضرية بشكل كبير، فبعد أن كان الاتجاه السائد في نماذج الدراسات الحضرية في الستينيات إلى الثمانينيات من القرن العشرين يتجه نحو تحليل الظواهر باعتبارها ظواهر خطية ثابتة الاتجاه تستخدم تحليلات الانحدار البسيطة في تتبعها، سرعان ما تغيرت هذه الفلسفة نحو اعتبار الظواهر العمرانية ظواهر أكثر تعقيداً تستلزم نوع آخر من التحليلات، تعكس الطبيعة المتغيرة والمعقدة للنظام الحضري والعناصر غير الخطية المتأصلة فيه (٢).

و يرى الأمريكي باول وادل (P. Waddell) (٣) إن التحديات المتجددة في مجالات العمران الحضري قد فرضت تغيير المنهجية المتبعة في النمذجة الحضرية لتتحول من التركيز على العناصر الأكبر إلى العناصر الأدق، ومن العناصر الكلية إلى التفصيل، ومن الثبات إلى التغير ومن الخطية إلى اللاخطية، ومن تحليل نمط الظاهرة إلى تحليل العملية المؤدية لهذا النمط. كما يؤكد على أهمية أن يراعي النموذج الخصائص المكانية والزمنية للظاهرة محل التحليل والدراسة.

وقد شهدت العقود الماضية ابتكاراً لعدد كبير من النماذج الرياضية التي تتيح دراسة ظاهرة النمو العمراني اللاخطية Non-Linear. وقد صنفتها الأمريكي نيويل (Newell) (٤) إلى مستويين من النمذجة، عُرف الأول منها بنماذج الأنظمة (system-level) أما المستوى الثاني فَعُرف

<sup>1</sup> Sui, D. Z. (1998). "GIS-based urban modelling: practices, problems, and prospects." International Journal of Geographical Information Science, 12(7), 651-671.

<sup>2</sup> Lloyd-Jones, T., and Erickson, B. (1997), "Rule-based models as planning tools: three prototypes." .

<sup>3</sup> Waddell, P. (2002), "UrbanSim: modeling urban development for land use, transportation and environmental planning." Journal of American Planning Association, 68, 297-314.

<sup>4</sup> Newell, A. (1997), Unified Theories of Cognition, (Harvard University Press, Cambridge, A).

<sup>5</sup> Jianquan Cheng, op. cit.

<sup>6</sup> Olden, J. D., and Jackson, D. A. (2001), "Fish-habitat relationships in lakes: gaining predictive and explanatory insight by using artificial neural networks." Transactions of the American Fisheries Society, 130, 878-897.

<sup>7</sup> White, R., and Engelen, G. (2000), "High resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems." Computers, Environment and Urban Systems, 24, 383-440

للظواهر المكونة من سلسلة من الخلايا أو النقاط المتجاورة. وتبع فكرة النموذج من محاكاة النظم أو الظواهر المعقدة من خلال تفاعل خلاياها بإتباع قواعد بسيطة. إذ يعتمد على التصنيف الثنائي لخلايا الظاهرة (٠، ١)، مُعتبراً القيمة (٠) تمثل حالة الثبات دون تغيير، في حين تمثل القيمة (١) حالة التغيير للخلية التي تحملها. ومن ثم يتم معايرة النموذج وفقاً لتطور قيم الخلايا في فترات زمنية متعاقبة بين الثبات (٠) أو التغيير (١) اعتماداً على قواعد محددة في ضوء قيم الخلايا المجاورة لها. وما يزيد من أهمية هذا النموذج هو مراعاته للبعدين الزمني والمكاني في آن واحد، فضلاً عن فاعليته في تتبع سلوك كل خلية من خلايا الظاهرة المدروسة. ويرى البعض أن من أهم مميزات هذا النموذج هو محاكاة سلوك النمو العمراني على المستوى المحلي لمجموعة من الخلايا، ومن ثم الارتقاء من هذا المستوى وتعميمه على مستويات أكبر قد تشمل المدينة أو الإقليم ككل<sup>(٥)</sup>.

وترجع البدايات الأولى لاستخدام نموذج التفاعل التلقائي C.A. بصفة عامة إلى الفيزيائي المجري John von Neumann الذي اهتم بالعلاقة بين البيولوجيا ونظرية الآلة، وقد استخدم النموذج كهيكل لدراسة هذه العلاقة، وقدمه تحت مسمى نموذج الفراغات الخلوية Cellular spaces كنموذج يحاكي النظام البيولوجي في عام ١٩٦٦<sup>(٦)</sup>. ثم ما لبث أن تم تطويره واستخدامه في مجالات عدة. وقد جاء بأكثر من مسمى في دراسات متنوعة مثل نموذج حركة الفسيفساء Tessellation Automata، و نموذج التركيبات المتجانسة Homogeneous Structures.

الخاصة بالسكان على مستوى الأسرة أكثر من غيره من النماذج<sup>(١)</sup>. كما يشير آخرون إن استخدام نموذج التفاعل التلقائي للخلايا هو الأمثل في محاكاة النمو العمراني على مستوى المدينة ككل<sup>(٢)</sup>.

و لعل من مزايا استخدام نموذج التفاعل التلقائي للخلايا C.A. في دراسات النمو العمراني الحضري أيضاً معالجته للظاهرة بشكل لا مركزي مما يؤهله لتتبع العوامل المعقدة المؤدية للنمو الحضري، كما إن له القدرة على ربط الشكل بالوظيفة و النمط بعملية التطور، فضلاً عن سهولة استخدامه، التي تمكن المستخدم من مراقبة النتائج. ويتوافق النموذج مع مرئيات الاستشعار عن بعد و برامج نظم المعلومات الجغرافية<sup>(٣)</sup>.

#### V- نموذج النمو العمراني "SLEUTH"

يعتبر نموذج النمو العمراني SLEUTH أحد النماذج الثانوية لنموذج التفاعل التلقائي للخلايا C.A. ويرجع الفضل في تطويره ليطابق مع دراسة النمو العمراني إلى الجغرافي "Keith Clarke" بجامعة كاليفورنيا الأمريكية في عام ١٩٩٨<sup>(٤)</sup>. وحتى يتم التعرف على كيفية معالجة النموذج لظاهرة النمو العمراني والتنبؤ بخططها المستقبلية، تجدر الإشارة إلى ماهية نموذج التفاعل التلقائي للخلايا وآلية معالجته للظواهر المدروسة فيما يلي:

#### ١-٧ ماهية نموذج التفاعل التلقائي للخلايا C.A.

يُعد نموذج التفاعل التلقائي للخلايا C.A. من النماذج الرياضية التي تستخدم في دراسة السلوك والتنظيم الذاتي

1 Bernard, R. N. (1999), "An application of agent-based modelling to planning policy: the case of rent control," Ph.D. Dissertation, Rutgers University.

2 Wu, F., and Webster, C. T. (1998), "Simulation of land development through the integration of cellular automata and multi-criteria evaluation." Environment and Planning B: Planning and Design, 25.

3 Torrens, et al. (2001), "Cellular automata and urban simulation: where do we go from here?" Environment and Planning B: Planning and Design, 28, 163-168.

4 Clarke, K. C., & Gaydos, L. J. (1998), Loose-coupling a cellular automata model and GIS: Long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore International Journal of Geographical Information Science, 12, 699-714.

5 Webster, C., and Wu, F. (2001), "Coarse, spatial pricing and self-organising cities." Urban Studies, 38(11), 2037-2054

6 Von Neumann, J., (1966), Theory of Self - Reproducing Automata, Edited by A. W, Burks (university of Illinois, Urbana).

٧-٢-٣ قاعدة التحول transition rules: وتعتبر هي المحرك الرئيسي الذي يُعتمد عليه في تغير حالة الخلية من عدمه، حيث تتباين الحالة المستقبلية المحتملة لخلية ما في شبكة الخلايا داخل نموذج التفاعل التلقائي للخلايا تبعاً لما يلي:

• الحالة الحالية للخلية ذاتها وحالة الخلايا المجاورة، حيث إنه من الضروري أن تتضمن الحالة المستقبلية جميع الاحتمالات .

• مجموع القيم الخاصة بحالات الخلايا المجاورة للخلية، التي تحمل القيم (١) أو (٠) فمثلاً إذا كان مجموع قيم الخلايا المجاورة للخلية يساوي (٤) فإن حالتها المستقبلية تتغير إلى (١) بينما تظل قيمة الخلية (٠) إذا كان المجموع أقل من (٤) .

ويعكس الشكل رقم (٧) فكرة بسيطة لنموذج التفاعل التلقائي للخلايا، موضحاً لاحتمالات تغير حالات الخلايا مستقبلاً تبعاً لحالات الخلايا المجاورة لها، حيث يفترض النموذج احتمال تطور حالة الخلية من الثبات (٠) إلى التغير (١) توافقاً مع حالة خلية واحدة ملاصقة، متغيرة، تحمل القيمة (١) حيث تكون بمثابة المحرك لها في فترة زمنية محددة، ومن ثم تصبح الخلية ذاتها بمثابة المحرك للخلايا المجاورة لها في فترة زمنية مستقبلية.

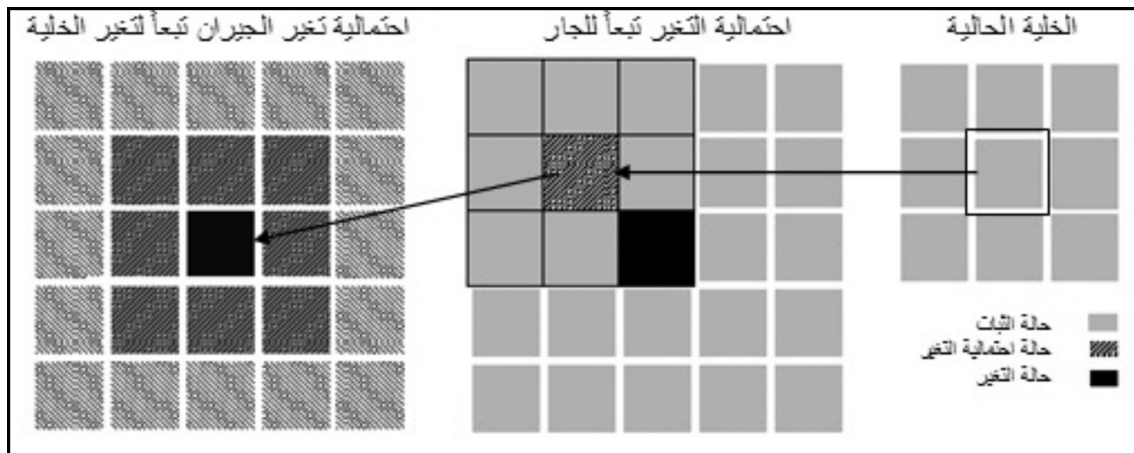
ونموذج التركيبات الخلية Cellular structures، نموذج المصفوفات المتكررة Iterative Arrays (١).

٧-٢ مكونات نموذج التفاعل التلقائي للخلايا C.A وفكرة العمل:

يتكون نموذج التفاعل التلقائي من مجموعة من العناصر الرئيسية يمكن توضيحها فيما يلي:

٧-٢-١ شبكة الخلايا grid of cells : وهي العنصر الأساسي في النموذج، وقد تكون الخلايا مربعة الشكل أو مستطيلة، كما قد تكون خطية أحادية البعد أو متعددة الأبعاد. وتتغير حالة الخلايا زمنياً في فترات الدراسة أو لا تتغير وذلك تبعاً لقواعد التحول.

٧-٢-٢ السلوك behavior: يعتمد النموذج على تتبع مراحل تطور التفاعل الداخلي بين الخلايا وصولاً إلى محاكاة السلوك العام للظاهرة المدروسة. ومن الممكن تشبيه سلوك الخلايا في النموذج بتساقط قطع اللعب في لعبة البولينج واحدة تلو الأخرى بحسب حالة القطع المجاورة، فتتبع كل قطعة حالة جاريتها في مرحلة تالية، مع وجود اختلاف في إن حالة الخلية في النموذج قد تتبع حالات الخلايا في أكثر من اتجاه، بعكس اللعبة، التي يكون فيها المؤثر ذا اتجاه واحد غالباً.



شكل رقم (٧) احتمالات تغير حالة الخلايا مستقبلاً تبعاً لحالات الخلايا المجاورة

<sup>1</sup> Stephen Wolfram, (1983) Statistical Mechanics of Cellular Automata, The American Physical Society, Review of modern physics, Vol. 55, No.3, p. 602

حيث تتضمن مدخلات النموذج أربع مرئيات لمدينة دمنهور، من مرئيات القمر الصناعي الأمريكي لاندسات ذات المسح متعدد الأطياف و راسم الخرائط الموضوعية TM (شكل رقم ٨). (٢)

ويتطلب تطبيق النموذج توفر خمسة أنواع رئيسة من الطبقات المعلوماتية، ذات النمط البياني الرقمي Raster، من الدرجات المتدرجة للون الرمادي (gif) إذ تحمل كل خلية pixel قيمة رقمية مميزة لها، حيث تعطى (٠) دائماً للدلالة على حالة الثبات، بينما تتراوح قيم الخلايا الفاعلة بين (١) و (٢٥٥). ومن الجدير بالذكر إنه يمكن استخدام طبقة معلوماتية لأصناف استخدام الأرض كإحدى مدخلات النموذج في بعض الحالات، إلا إن الهدف من تطبيق النموذج في مدينة دمنهور لا يتطلب وجود بيانات استخدام الأرض.

كما تتضمن مدخلات النموذج مجموعة ضابطة من الطبقات الخرائطية، تأتي من أهمها طبقات المواقع المُستبعدة من النمو العمراني Excluded sites التي يجب ألا تشملها المخططات المستقبلية المتوقعة للنمو العمراني الناتجة عن تفعيل النموذج، مثل المواقع العسكرية والحدائق العامة والملاعب وأقنية المدارس ومواقف السيارات والطرق وخطوط السكك الحديدية وغيرها.

ونظراً لأن المواقع الجاذبة للنمو العمراني Attraction sites يتم تحديدها وفقاً للخصائص الطبولوجية والطبوغرافية للمكان، كاستواء السطح والقرب النسبي من الطرق الرئيسية والكتلة العمرانية الحالية وغيرها، فقد تضمنت المدخلات مجموعة أخرى من الطبقات الخرائطية كطبقتين متعاقبتين للطرق وطبقتين لنسب انحدار سطح الأرض slope والظل التضاريسي Hill shade، ومن ثم فقد تم تخزين وإدارة جميع الطبقات المعلوماتية داخل قاعدة البيانات الجغرافية، المنشأة سلفاً داخل برنامج Arc Gis10.3، ثم تصديرها بالصيغة الرقمية GIF ذات التدرج الرمادي لاستخدامها

و يقوم النموذج بأداء مهمته من خلال مرحلتين رئيسيتين: أولهما المعايير، وفيها يتم ضبط سلوك النموذج من خلال تتبع اتجاهات و مقادير النمو العمراني في فترات زمنية سابقة، ثم مرحلة التنبؤ، حيث تستخدم القيم المثلث لتلك المقادير و الاتجاهات لإسقاط الخطط المحتملة للنمو العمراني المستقبلي (١).

### ٨- تجهيز البيانات و معايير نموذج "SLEUTH"

تم تصميم نموذج النمو العمراني SLEUTH متوافقاً مع نظام التشغيل الحاسوبي Linux، الذي يتعامل مع الأوامر السطرية المكتوبة، حيث يتطلب تشغيله في بيئة نظام التشغيل Windows استخدام برنامج آخر يسمح بتوفير مجموعة من هذه الأوامر، و يعتبر برنامج Sygwin من البرامج المتاحة عبر شبكة الانترنت، الذي يتيح استخدام واجهة نظام التشغيل الحاسوبي Linux داخل بيئة نظام التشغيل Windows. حيث تتيح لغة البرمجة (C) المستخدمة لكتابة التعليمات البرمجية للنموذج إمكانية تطبيق عدد من المراحل المتعاقبة لضمان كفاءة استخدام النموذج، وهي: الاختبار و المعايير، ثم التنبؤ وهي آخر مرحلة من مراحل النموذج.. ويعتبر تجهيز الطبقات المعلوماتية المستخدمة كمدخلات للنموذج من الخطوات الهامة، التي تتم معاييرته اعتماداً عليها، حيث يرتبط مستوى دقة النتائج بمستويات دقة هذه المدخلات، وفيما يلي عرض لأهم هذه المدخلات وكيفية تجهيزها و معايير النموذج:

#### ٨-١ تجهيز مدخلات النموذج:

يعتمد نموذج النمو العمراني SLEUTH على فرضية رئيسية ترمي إلى استقراء النمو المستقبلي من خلال تتبع محاور النمو وسلوكه في الماضي، وافترض ثبات اتجاهات هذا النمو وقيم التغير في المستقبل (٢). و تعتبر المرئيات الفضائية المتعاقبة للمدينة أساساً هاماً لهذا الاستقراء،

<sup>1</sup> Claire A. Jantz, Scott J. Goetz, and Mary K. Shelley, (2003), "Using the SLEUTH urban growth model to simulate the impacts of future policy scenarios on urban land use in the Baltimore/Washington metropolitan area," Environment and Planning B: Planning and Design, vol. 30, pp. 251.

<sup>2</sup> United States Environmental Protection Agency(EPA),(2000), Projecting Land-Use Change Summary of Models for Assessing the Effects of Community Growth and Change on Land-Use Patterns, Cincinnati, OH., Office of Research and development, p. 260.

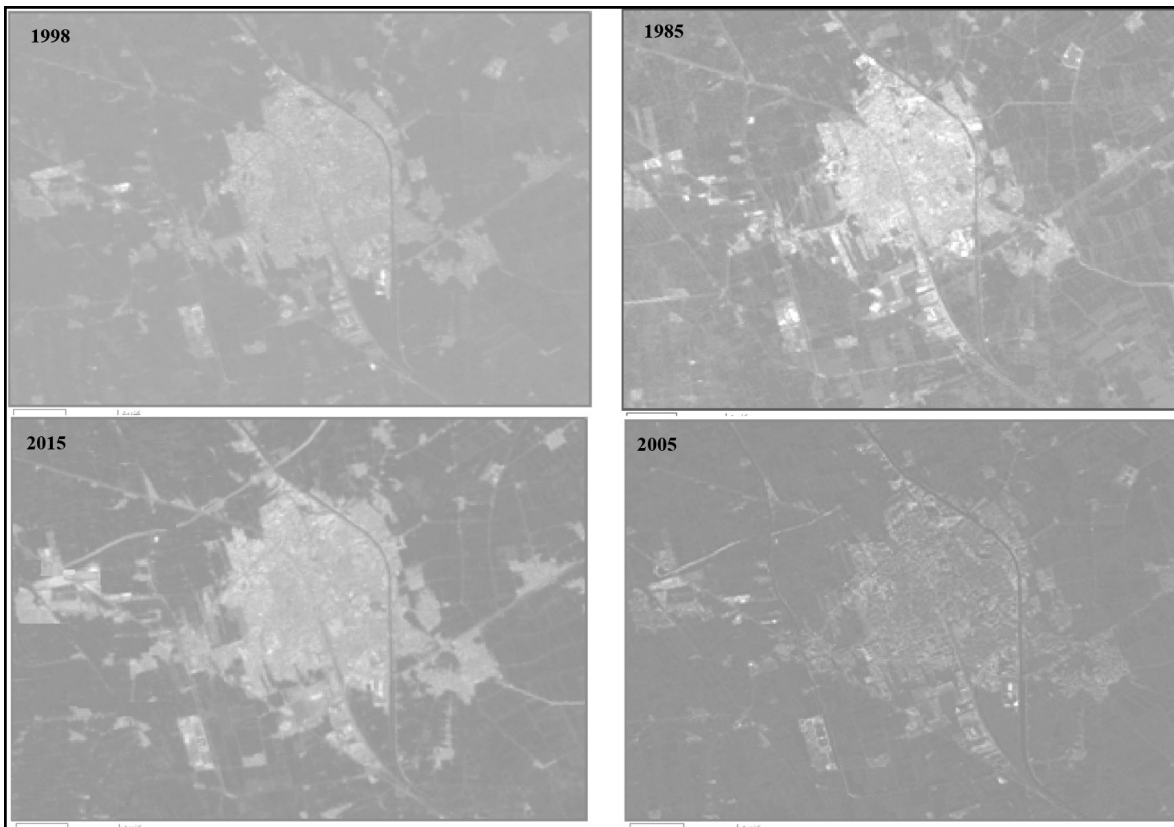
(٣) تم تنزيل المرئيات الفضائية من موقع جامعة ميرلاند الأمريكية الإلكتروني: Global Land Cover Facility (GLCF) <http://www.landcover.org> بتاريخ ٢٠١٦/١٢/٣.

٨-١-١ تجهيز طبقة معلوماتية للمواقع المستبعدة من النمو العمراني Excluded sites:

وتتضمن هذه الطبقة الظاهرات غير المرغوب في امتداد العمران لها نظراً لقيمة استخدام الأرض الحالي فيها أو لظروفها الطارئة للعمران، ومنها ما تمثله مساحات قائمة بذاتها كالحدائق و المنتزهات و المجاري المائية، و أخرى ممثلة برموز الموضع كنقاط المرور و النقاط العسكرية، كما يتم تمثيل بعضها بالرموز الخطية كالطرق و خطوط السكك الحديدية، بالإضافة لمساحات مشتقة من ظاهرات خطية كحرم الطرق، حيث يتم استبعادها بنسب متفاوتة من فرص النمو العمراني المستقبلي. و تعتبر طبقة المواقع المستبعدة من النمو العمراني أساساً هاماً للتنبؤ بخطط النمو العمراني المستقبلي للمدينة. و نظراً لان اللغة البرمجية للنموذج تستوجب أن تكون البيانات المدخلة في الصيغة الرقمية Raster فقد دعا ذلك لتحويل البيانات ذات الصيغة Vector إلى الصيغة Raster بإتباع الخطوات التالية:

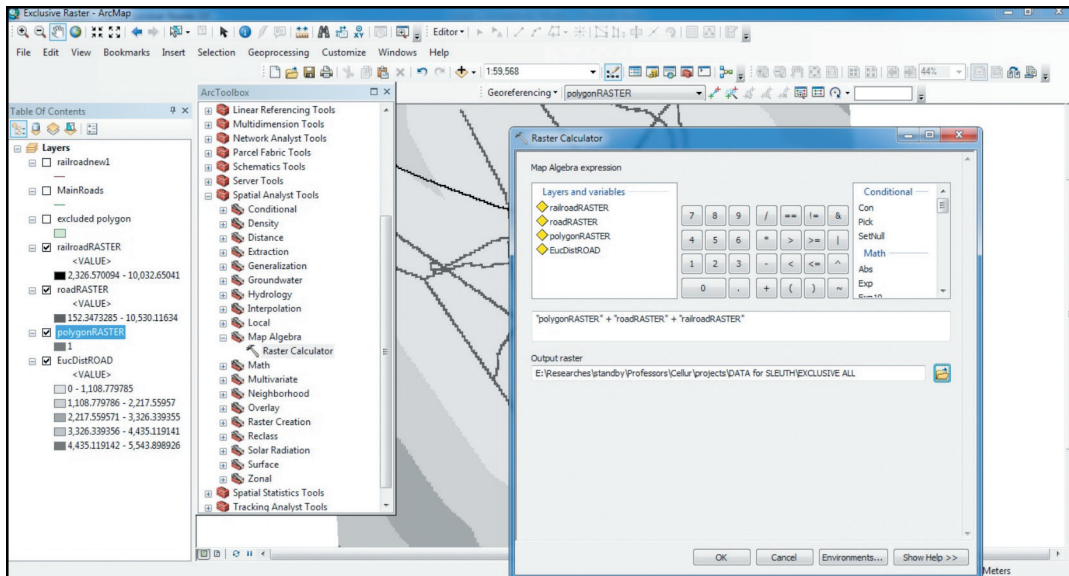
كمدخلات لنموذج SLEUTH. وفيما يلي عرض لأهم مدخلات النموذج و كيفية تجهيزها:

- مرئية فضائية للقمر الأمريكي لاندسات (TM) بدقة ٣٠ متر ملتقطه عام ١٩٨٥ م.
- مرئية فضائية للقمر الأمريكي لاندسات (TM) بدقة ٣٠ متر ملتقطه عام ١٩٩٨ م.
- مرئية فضائية للقمر الأمريكي لاندسات (TM) بدقة ٣٠ متر ملتقطه عام ٢٠٠٥ م.
- مرئية فضائية للقمر الأمريكي لاندسات (TM) بدقة ٣٠ متر ملتقطه عام ٢٠١٥ م.
- طبقة للمواقع المستبعدة من النمو العمراني Excluded sites
- طبقتان للطرق الرئيسية لمدينة دمنهور لعامي ١٩٨٥ ، ٢٠١٥.
- طبقة الظلال التضاريسية Hill shade.
- طبقة الانحدارات (بالنسب المئوية) Slope

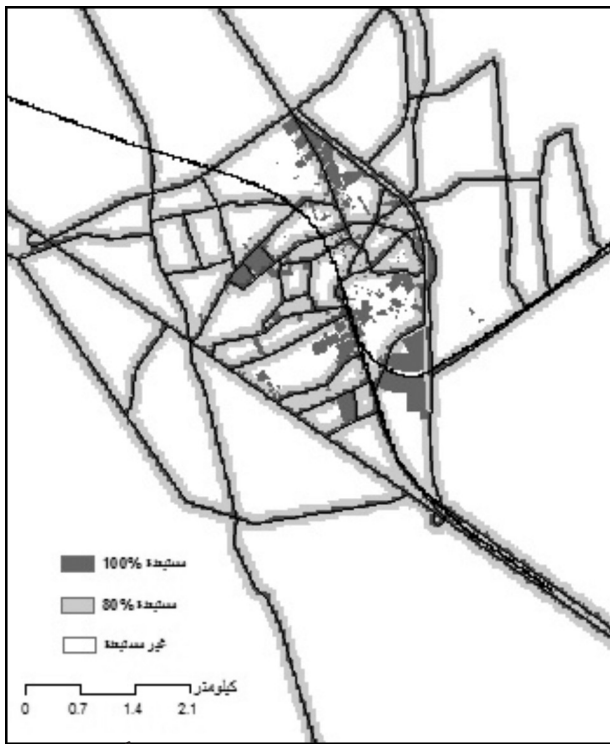


شكل رقم (٨) مرئيات فضائية متعاقبة لمدينة دمنهور، المستخدمة كمدخلات لنموذج النمو العمراني SLEUTH (من مرئيات القمر الصناعي الأمريكي لاندسات)





الشكل رقم (٩-أ) خطوات إنشاء طبقة مجمعة للظواهر المُستبعدة من النمو العمراني في صيغة Raster



الشكل رقم (٩-ب) طبقة مجمعة للظواهر المُستبعدة من النمو العمراني في صيغة Raster

حيث أن الخلايا ذات القيمة (١٠٠) هي الممنوعة بشكل تام من امتداد العمران إليها، ثم تقل درجة المنع لتصبح الخلايا ذات القيمة (١) هي الأقل في درجة استثنائها من النمو العمراني وفقاً لضوابط اللغة البرمجية للنموذج.

• تحويل الظواهر الخطية إلى صيغة Raster ، من خلال إضافة عمود جديد new field إلى الجدول الوصفي attribute table للطبقة ذات النمط الاتجاهي Vector وتسميته بأي اسم وليكن "conv"، ثم استخدام أداة field calculator لإعطاء القيمة (١) لكل الظواهر داخل هذا العمود، ومن ثم تفعيل الأداة Features to Raster داخل تطبيق conversion للتحويل إلى صيغة Raster اعتماداً على قيم هذا العمود.

• تحويل المضلعات إلى صيغة Raster، وتكون بنفس طريقة تحويل الظواهر الخطية.

• إنشاء حرم الطرق وخط السكك الحديدية Buffer Distance (Euclidean) باستخدام أداة Distance (Spatial Analyst) داخل نافذة Spatial Analyst.

• إنشاء طبقة مجمعة و مُصنفة تدريجياً للظواهر المُستبعدة من النمو العمراني في صيغة Raster ويكون ذلك باستخدام أداة Raster Calculator الخاصة بتطبيق Map Algebra داخل نافذة Spatial Analyst كما يوضح (الشكل رقم ٩-أ) و (الشكل رقم ٩-ب). ثم تأتي الخطوة التالية وهي إعادة تصنيف قيم خلايا هذه الطبقة باستخدام أداة Reclassify بحيث تُعطى القيمة (٠) للخلايا التي يسمح للعمران بالنمو فيها، وتعني عدم وجود موانع، بينما تأخذ باقي الخلايا القيم في المدى (١ : ١٠٠)

٨-١-٢ تجهيز طبقات معلوماتية للامتداد الحضري للمدينة Urban extent:

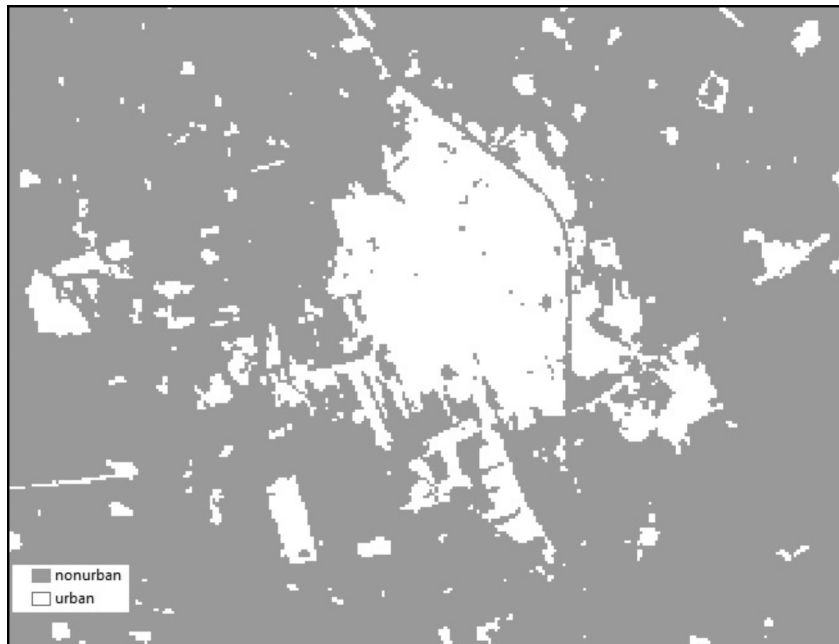
و تمثل هذه الطبقات الامتداد الحضري للمدينة في أربع فترات زمنية متتالية و دورية إلى حد ما بحسب المتاح من المرئيات الفضائية، وهي أساس معايرة النموذج. حيث يُعتمد على كل طبقة منها في تحديد حدود و مساحة الكتلة العمرانية في الفترة الزمنية التي تمثلها، بينما يتم الاعتماد عليها مجتمعة في التتبع الزمني لسلوك النمو العمراني بصفة عامة مقارنة بما يحيطه من ظاهرات خلال سنوات الدراسة. و تكمن أهمية هذه الطبقات المعلوماتية في ضبط و معايرة النموذج، الذي يُعد أساساً للتنبؤ بالنمو العمراني المستقبلي. حيث تعتبر الطبقة المعلوماتية الأقدم للامتداد الحضري كنواة للنمذجة. مما جعل البعض يطلق عليها طبقة بذور النمو العمراني urban growth seed layer<sup>(١)</sup>. بينما تستخدم طبقات السنوات الأحدث في مراقبة نمو الكتلة العمرانية و تسجيل ذلك إحصائياً في جداول خاصة بالنموذج داخل ذاكرة الحاسب الآلي. لذلك يشترط أن يكون هناك أربع طبقات متعاقبة زمنياً للامتداد العمراني على

الأقل، بحيث تستخدم أقدمها كنواة للنمو العمراني، بينما يتم تعقب سلوك النمو من خلال مراقبته في الطبقات الثلاثة اللاحقة لها<sup>(٢)</sup>.

و لإعداد طبقات الامتداد العمراني من المرئيات الفضائية و تجهيزها كمدخلات لنموذج النمو العمراني SLEUTH فقد تم إتباع الخطوات الآتية:

• إجراء تصنيف موجه supervised classification للمرئيات الفضائية الأربعة باستخدام طريقة "supervised maximum likelihood classification" داخل برنامج Erdas Imagine 2012 ومن ثم تصنيف كل منها إلى صنفين (مأهولة بالعمران Urban و خالية من العمران Non - Urban).

• إجراء إعادة تصنيف للمرئيات الفضائية باستخدام أداة reclassify من تطبيق spatial analyst داخل برنامج Arc Gis 10.3 بحيث يتم تغيير قيم الخلايا pixel value لتصبح (٠) للخلايا غير المأهولة بالعمران، بينما تأخذ الخلايا المأهولة بالعمران القيمة ٢٥٥ وفقاً للقواعد البرمجية للموديل كما يتضح في الشكل رقم (١٠-أ).



الشكل رقم ١٠- أ طبقة خرائطية مجهزة بعد إجراء إعادة تصنيف لها لإظهار الامتداد الحضري للمدينة في عام ١٩٨٥.

<sup>1</sup> Lakshmi Kanta Kumar N, et al.( 2010), Forecasting urban growth based on GIS, RS and SLEUTH model in Pune metropolitan area, International Journal of Geomatics and Geosciences, Volume 2 Issue 2,, Volume 2, No 2, p. 573.

<sup>2</sup> Hese, S. (2008), Using SLEUTH Urban Growth Modelling Environment", Working Note, Lehrstuhl für Fernerkundung Friedrich-Schiller-Universität Jena.

وتأتي الخطوة اللاحقة وهي إعادة تصنيف طبقات الطرق ذات الصيغة Raster باستخدام أداة reclassify من تطبيق Arc Gis 10.3 spatial analyst داخل برنامج Arc Gis 10.3 بنفس الأسلوب سابق الذكر، بحيث يتم تغيير قيم الخلايا pixel value لتصبح (٠) لكل الخلايا الممثلة لغير الطرق، بينما تأخذ الخلايا الممثلة للطرق القيمة ٢٥٥ وفقاً للقواعد البرمجية للنموذج كما يتضح في الشكل رقم (١٠-ب)

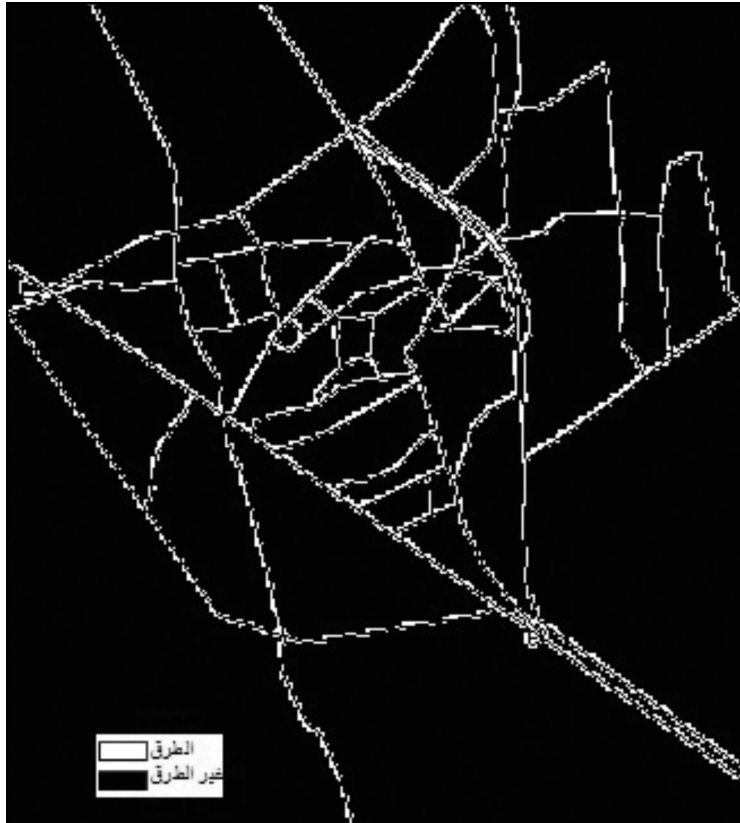
يعتمد نموذج النمو العمراني SLEUTH في التنبؤ بالاتجاهات المستقبلية للنمو العمراني ليس فقط على التتبع التاريخي لسلوك امتداد الكتلة العمرانية للمدينة، بل يلتزم بشكل كبير بمحاكاة بالخصائص الطبيعية لسطح الأرض. وقد دعا ذلك إلى أن يشتمل على طبقتين تمثلان خصائص سطح الأرض في المدينة: إحداها تمثل الميول النسبية لسطح الأرض slope، و الثانية تعرض مظاهر هذا السطح على هيئة ظلال متدرجة من اللون الرمادي وهي ما تعرف بطبقة الظلال التضاريسية Hill shade. وقد تم اشتقاق هاتين الطبقتين من النموذج الرقمي للارتفاعات DEM المنتج بإدارة المساحة الجيولوجية الأمريكية

United States Geological Survey (USGS)

٣-١-٨ تجهيز طبقات معلوماتية للطرق في فترتين زمنيةتين:

تلعب الطرق دوراً رئيسياً في النمو العمراني للمدن، كما إنها تساهم في توجيه هذا النمو نحو اتجاهات معينة وفقاً لامتداداتها. ويأتي اللجوء لشبكات الطرق في فترتين زمنيتين متتاليتين كأحد مدخلات نموذج النمو العمراني SLEUTH بغرض محاكاة النمو الحضري، الذي يميل دائماً نحو الاتجاه للمناطق سهلة الوصول والاتصال.

وقد تم تجهيز طبقتين للطرق في سنوات ١٩٨٥ و ٢٠١٥ من خلال الرسم الرقمي المباشر Digitizing لشبكة الطرق الرئيسية من المرئيات الفضائية بصيغة Vector في السنوات المختارة. ومن ثم تحويلهما من صيغة Vector إلى صيغة Raster، من خلال إضافة عمود جديد new field إلى الجدول الوصفي attribute table لطبقة الطرق ذات الصيغة Vector وتسميته بالاسم الافتراضي ".conv"، ثم استخدام أداة field calculator لإعطاء القيمة (١) للظواهر داخل هذا العمود، ثم تفعيل الأداة Features to Raster داخل تطبيق conversion للتحويل إلى صيغة Raster اعتماداً على قيم هذا العمود.



الشكل رقم ١٠-ب طبقة خرائطية ذات الصيغة Raster للطرق في المدينة عام ١٩٨٥ .

و من الجدير بالذكر إن سطح الأرض في مدينة دمهور يتسم بالاستواء التقريبي وعدم وجود ظاهرات تضاريسية حادة مما يجعل تأثير هذا العنصر ضئيلاً مقارنةً بباقي المدخلات.

٨-٤ تجهيز طبقات معلوماتية لنسب انحدار سطح الأرض Slope والظل التضاريسي Hill shade:

#### ٨-٢ معايرة النموذج وتشغيله :

وتهدف مرحلة المعايرة إلى تحديد أفضل قيم للعوامل الخمس المفترض أنها تؤثر في النمو العمراني للمدينة وفقاً لقواعد النموذج، وهي: عامل انتشار العمران diffusion و عامل تولد نويات جديدة للعمران breed و عامل التخلل داخل الكتل العمرانية spread و عامل جاذبية الطرق road gravity و عامل انحدار سطح الأرض slope. حيث ترتبط العوامل الأربع الأول منها بالمواقع الجاذبة للعمران، بينما يرتبط الأخير منها بتحديد المواقع غير المرغوبة في النمو العمراني نظراً لعدم استواء سطح الأرض فيها بنسب متفاوتة.

و يعتبر البعض مرحلة معايرة النموذج من أهم المراحل، التي يُعَوَّل عليها في تتبع سلوك النمو العمراني و التنبؤ بمساحات النمو العمراني المحتملة من خلال هذا التتبع<sup>(١)</sup>. حيث تعتمد الآلية المستخدمة في النموذج للتنبؤ المستقبلي بمساحات واتجاهات النمو العمراني على مستويين متوازيين، أحدهما يقوم بمراقبة مراحل النمو و تسجيل بيانات النمو إحصائياً، في حين يقوم الآخر بتجريب النموذج وفقاً لقواعد النمو العمراني المفترضة على بيانات العمران في سنة سابقة و إسقاطه في سنة لاحقة، ومن ثم مقارنة نتائج تطبيق النموذج ألياً على البيانات الفعلية للسنة اللاحقة وفقاً للفترة الزمنية المفترضة<sup>(٢)</sup>.

و من الجدير بالذكر إن النموذج يعتمد على أربع قواعد رئيسة للنمو العمراني، بحيث يتم تطبيقها على الطبقات المدخلة للتنبؤ بالنمو المستقبلي للعمران أثناء تطبيق

النموذج، اعتماداً على تفاعل العوامل الخمس المؤثرة في النمو العمراني، التي سبق ذكرها (كما يوضح الجدول رقم ٤). ويمكن تلخيص هذه القواعد فيما يلي:

- النمو التلقائي spontaneous growth بما يحاكي النمو الطبيعي للأحياء السكنية في المناطق ذات سطح الأرض المستوي أو شبه المستوي المتخللة للمنطقة المعمورة ذاتها.
- ظهور مراكز جديدة للعمران new spreading centers حيث تتوسع المدينة في النطاق المحيط بها من خلال ظهور نويات جديدة للنمو.
- النمو المنتشر diffusive growth ويقصد به زحف العمران نحو الخارج .
- النمو المتأثر بالطرق road influenced growth وهو نمو العمران على امتداد الطرق .

و يسمح تصميم النموذج بتطبيق عدد آخر من القواعد الثانوية بالإضافة للقواعد الرئيسة سابقة الذكر في محاولة لمحاكاة سلوك النمو العمراني في المدينة في فترات الدراسة، حيث تتم عملية المعايرة تلقائياً أثناء تطبيق النموذج وفقاً لهذه القواعد. ففي كل مرة يتم تسجيل إحصاءات النمو العمراني في فترة زمنية ، يقوم النموذج بضبط سلوك النمو وفقاً لمساحته في هذه الفترة. فمثلاً في حالة النمو السريع يستخدم الرقم (١) و مضاعفاته كعاملات للنمو ، بينما تستخدم القيم أقل من (١) للنمو البطيء و (٠) لانعدام النمو<sup>(٣)</sup>.

<sup>1</sup> Clarke, K., & Gaydos, L. op.cit., p.706.

<sup>2</sup> Clarke, K., & Gaydos, L. (1997), A self - modifying cellular automata model of historical urbanization in the San Francisco Bay area, Environmental and Planning B: Planning and Design, 24, pp.247-261.

<sup>3</sup> Silva, E., et al., (2002), Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Portugal, Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 26, pp. 529.

جدول رقم (٤) العلاقة بين أنواع النمو العمراني و العوامل الحاكمة للنمو<sup>(١)</sup>

نوع النمو	العوامل الحاكمة	وصف موجز
تلقائي	التخلل في المساحات المنبسطة	نمو العمران داخل الاحتياطي العقاري.
تولد مراكز جديدة	تولد نويات العمران في المساحات المنبسطة	ظهور مراكز عمرانية جديدة تحيط بالكتلة العمرانية المندمجة.
زحف الكتلة العمرانية	الانتشار	نمو مراكز العمران نحو الخارج
النمو العمراني على الطرق	جاذبية الطريق	زحف العمران على طول الطرق

آخر هذه المدة، سواء بالزيادة أو بالنقصان، وإلا استوجب إعادة المعايير أكثر من مرة للوصول لنتائج أفضل<sup>(٢)</sup>. ومن الجدير بالذكر إن نتيجة معايرة النموذج تتيح للمستخدم الحصول على القيم المحددة لأثر العوامل الضابطة للنمو في فترة النمذجة، في ثلاثة مستويات للمعايرة: عام Coarse (المستوى الأول)، تفصيلي Fine (المستوى الثاني) ونهائي Final (المستوى الأخير).

ومن أجل تفعيل نموذج النمو العمراني SLEUTH للتنبؤ باتجاه ومساحة النمو العمراني المستقبلي لمدينة دمنهور اتبع الباحث نفس الآليات والخطوات التي وضعت وطُبقت لدراسة النمو العمراني في سان فرانسيسكو و واشنطن (الموثقة في الموقع الإلكتروني للمركز القومي للمعلومات الجغرافية و التحليل NCGIA بجامعة كاليفورنيا)، وباستخدام نفس العناصر لاختبار ومعايرة النموذج و من ثم السماح له بالتنبؤ بالمخططات المستقبلية للنمو<sup>(٣)</sup>.

و قد تم استخدام برنامج تشغيل النموذج SLEUTH بالإصدار ٢,١، المتاح بنفس الموقع، باعتبار ١٩٨٥ هي سنة الأساس أو بذرة النمو The seed، بينما استخدمت بيانات سنوات ١٩٩٨ و ٢٠٠٥ و ٢٠١٥ للتتبع التاريخي و حساب قيم عوامل النمو العمراني، حيث تم تفعيل النموذج لرسم شكل الكتلة العمرانية للمدينة مستقبلاً و التنبؤ بخريطة

و بمجرد إدخال طبقات البيانات الخاصة بتطور الكتلة العمرانية والعناصر الجاذبة للعمران وتلك المستثناء من النمو، التي سبق الإشارة إليها، يتم معايرة النموذج اعتماداً على تحليل الانحدار. و تأتي الخطوة الأولى في المعايرة وهي محاولة محاكاة نمط النمو بين سنتين متعاقبتين بالفترة الزمنية المختارة باستخدام الأسلوب المعروف بـ (brute force) ومن ثم إجراء عدد من المحاولات الافتراضية للنمو Iterations ومقارنتها بأبعادها إحصائياً بأبعاد الكتلة العمرانية الفعلية لاستخراج الفروق في كل مرة، وذلك لاختيار أفضل هذه المحاولات Top Values، و من ثم تسجيل ما يسمى بالمقاييس المثلى Metrics Optimal، التي يمكن استخدامها للتنبؤ بالنمو العمراني مستقبلاً. وتتضمن هذه الفروق عادةً الفروق في المساحة بين مساحات النمو الافتراضي ومثيلاتها في النمو الفعلي خلال الفترة الزمنية المختارة و كذلك الفروق في مجموع محيطات الكتل الحضرية و الفروق في عدد الكتل الحضرية بينهما.

و تشير الأمريكية كلير جانتز Claire Jantz إن اعتبار المقاييس المستنبطة من التتبع الزمني لنمط النمو العمراني كمقاييس مثلى يتطلب ألا تتعدى قيمة الفروق الإحصائية بين أبعاد النمو المحسوبة و الأبعاد الفعلية له في مدة زمنية ما عن ٥% من القيمة الكلية للأبعاد الفعلية للكتلة العمرانية في

<sup>1</sup> Taher Osman, Prasanna Divigalpitiya and Takafumi Arima, (2015), Modeling urban growth scenarios in Cairo Metropolitan Region 2035, the 4 the International Conference On Computers in Urban Planning and Urban Management CUPUM, 7-10 July, Cambridge, USA..(ترجمة الباحث)

<sup>2</sup> Jantz, C. A., S. J., et al., (2009), Designing and implementing a regional urban modeling system using the SLEUTH cellular urban model. Computers, Environment & Urban Systems 34:1-16.

<sup>3</sup> <http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/Imp/Implement.htm>

ويتكون البرنامج التنفيذي لنموذج SLEUTH من حزمة من المكونات الرئيسية، المعدة سلفاً لمعالجة طبقات البيانات المدخلة للنموذج، وهي ما يلي:

- مجلد المدخلات Input: وفيه يتم تخزين المدخلات بالصيغ الرقمية سابقة الذكر بواسطة مستخدم النموذج.
  - مجلد المخرجات Output: وفيه يتم تخزين طبقات النمو العمراني المتوقعة ألياً، نتيجة تفعيل النموذج.
  - مجلد المخططات Scenarios: وفيه يقوم النموذج بتخزين جميع ملفات خطط النمو المتوقعة أثناء إجراء اختبار النموذج ومعايرته.
  - مجلد GD: ويشمل أحد البرامج المستخدمة لمعالجة الطبقات ذات الصيغة Gif.
  - مجلد Whirlgif: ويشمل برنامج آخر يستخدم لمعالجة الطبقات ذات الصيغة Gif أيضاً.
- كما يحتوي البرنامج على مجموعة من الملفات التشغيلية، التي يستعان بها ألياً لأداء بعض الوظائف في المراحل المختلفة للنموذج.

وتأتي مرحلة الاختبار كأولى مراحل تشغيل النموذج، وهي مماثلة تماماً لمرحلة المعايرة، ثم التنبؤ بالنمو المستقبلي للعمران بعد إدخال طبقات البيانات الفعلية الخاصة بمدينة دمنهور. وهي مرحلة هامة تُجرى على عدد من المدخلات التجريبية المُضمّنة داخل النموذج للتأكد من اكتمال عناصره وصلاحيته للقيام بدوره، وتشمل:

أ- تهيئة مجلدات برامج "GD" و "Whirlgif": وتتم من خلال تفعيل أمر "make clean" لحذف أي ملفات سابقة التخزين و أمر "make" لتفعيل دور كل منهما باستخدام برنامج Sygwin كما يوضح الشكل رقم (١١).

ب- تشغيل النموذج: وهي خطوة تالية لتهيئة مجلدات برامج معالجة الطبقات ذات الصيغة GIF، حيث يستخدم برنامج Sygwin لتفعيل مجلد المخططات Scenarios باستخدام أمر النمو الافتراضي "grow"، الذي يقوم بمحاكاة مراحل النمو ورسم مخططات النمو العمراني في السنوات البيئية بين سنتي الدراسة، وصولاً لسنة الهدف.

وتأتي المرحلة التالية وهي تغذية مجلد المدخلات Input Folder الخاص بالنموذج بالمدخلات الخاصة بمدينة دمنهور، سابقة التجهيز، ومن ثم إجراء بعض التعديلات على ملف الخطط Scenario file، فمثلاً يلزم تغيير

العمران في سنة ٢٠١٥ من خلال القاعدة الرئيسة لتغيير حالة الخلايا، المعروفة بـ (Moore 3x3 kernel)، حيث تؤثر خلية واحدة مشغولة بالعمران في ثمان خلايا محيطة (غير مشغولة بالعمران) لتغيير من حالاتها بتطبيق القاعدة الشرطية IF... THEN كما يلي:

- لو الخلية ليست مشغولة بالعمران Non Urban، محاطة بـ ٢ أو أكثر من الخلايا المشغولة بالعمران Urban. قم بتحويل حالتها إلى خلية مشغولة بالعمران Urban.
- لو الخلية مشغولة بالعمران Urban. قم بالحفاظ على حالتها (مشغولة بالعمران Urban) كما هي دون تغيير. ويستمر تطبيق قواعد التغيير على كافة الخلايا في المنطقة المدروسة بشكل متتابع، مع مراعاة بعض القواعد الثانوية، التي تحدد اتجاهات النمو العمراني كما يلي:
- لو الخلية مشغولة بمجري مائية. ممنوع تحول حالتها إلى خلية مشغولة بالعمران Urban.
- لو الخلية مشغولة بالطرق. ممنوع تحول حالتها إلى خلية مشغولة بالعمران Urban.

• لو الخلية مشغولة بالحدائق. ممنوع تحول حالتها إلى خلية مشغولة بالعمران Urban. وهكذا.

ويقوم النموذج في كل دورة تشغيلية بتطبيق القواعد سابقة الذكر و تحديث حالات الخلايا في كل مرة، وصولاً لرسم خريطة العمران في السنة المستهدفة من تفعيل النموذج، و تقارن أبعاد الكتلة العمرانية المحسوبة (في سنة ٢٠١٥) بالأبعاد الفعلية لها، ومن ثم استخدام نفس المقاييس المستنتجة من عملية المعايرة (جدول رقم ٥) في استقراء شكل و أبعاد الكتلة العمرانية للمدينة في ٢٠٢٥، ٢٠٣٥، ٢٠٤٥.

جدول رقم (٥) أثر العوامل الضابطة على النمو العمراني لمدينة دمنهور في الفترة من ١٩٨٥ إلى ٢٠١٥ (نتائج مرحلة المعايرة لنموذج SLEUTH)

المؤشر/ مستويات للمعايرة	عام Coarse	تفصيلي Fine	نهائي Final
التمدد للخارج	٢٠	٢٠	٣٥
تولد نويات للعمران	٢	٥	١٠
تخلل الكتلة العمرانية	٢٥	٤٥	٥٠
جاذبية الطرق	٢٠	٢٠	٥٥
انحدار سطح الأرض	١	١	٣

```

/cygdrive/e/sleuth/whirlgif
drhany@drhany-PC ~
$ cd e:
drhany@drhany-PC /cygdrive/e
$ cd sleuth
drhany@drhany-PC /cygdrive/e/sleuth
$ cd whirlgif
drhany@drhany-PC /cygdrive/e/sleuth/whirlgif
$ make clean
rm -f whirlgif *.o
drhany@drhany-PC /cygdrive/e/sleuth/whirlgif
$ make
gcc -g -O -c whirlgif.c
gcc -g -O -c gifencod.c
gcc -g -O -c gifdecod.c
gcc -g -O -o whirlgif whirlgif.o gifencod.o gifdecod.o
drhany@drhany-PC /cygdrive/e/sleuth/whirlgif
$ |

```

الشكل رقم (١١) تهيئة مجلد Whirlgif أحد المجلدات الرئيسية لنموذج SLEUTH باستخدام برنامج Sygwin

بافتراض ثبات قيم العوامل المؤثرة في النمو. وقد تم استخدام مخطط تتبع النمو العمراني التاريخي historical urban growth Scenario الذي يرى البعض أنه الأسلوب الأمثل في حالات المدن التي لا تزال تتمتع باحتياطي عقاري، وليس بها ما يعوق التمدد العمراني المستقبلي<sup>(٢)</sup>. حيث تم تعديل الملف النصي الخاص به بمتوسطات قيم العوامل الضابطة للنمو في فترة النمذجة بإدخال القيم ١٠، ٣٥، ٥٠، ٥٥، ٣، التي تمثل عوامل التمدد diffusion، تولد نويات العمران breed، التخلل spread، جاذبية الطرق road gravity، انحدار سطح الأرض slope على التوالي.

#### ١٠- مناقشة نتائج النموذج:

طبقاً لمرحلة معايرة نموذج النمو العمراني SLEUTH في الفترة من ١٩٨٥ إلى ٢٠١٥، فقد تم حساب القيم المثلى للعوامل الخمس الضابطة لهذا النمو، كما يوضح الجدول رقم (٤) والشكل رقم (١٢). حيث تباينت قيم هذه العوامل، فجاءت عوامل جاذبية الطريق Road gravity والانتشار بين الكتل العمرانية (التخلل) Spread هي الأكثر أثراً في نمو العمران في المدينة، حيث نما العمران

اسم ملفات المدخلات لتتوافق مع المدخلات الفعلية لمدينة دمنهور، وأيضاً تغيير المدى الزمني المخزن في النموذج للقيام بعملية التنبؤ بالنمو العمراني، ليكون في المدى من ١٩٨٥ إلى ٢٠٤٥ (تبعاً لهدف الدراسة). وحيث يقوم النموذج تلقائياً بتكرار عملية التنبؤ ١٠٠ مرة فيمكن تغييرها إلى أي عدد من التكرارات حسب مواصفات جهاز الحاسب الآلي. ومن الجدير بالذكر إن ملف الخطط Scenario File قد تم تصميمه على هيئة ملف نصي text file قابل للتعديل باستخدام أحد البرامج الفرعية المتاحة على شبكة الإنترنت (Text Pad)<sup>(١)</sup>.

#### ٩- التنبؤ بالنمو العمراني لمدينة دمنهور و الخطط المتوقعة:

تأتي هذه المرحلة كآخر مراحل تفعيل النموذج، حيث يتم استخدام القيم المستنتجة من عملية المعايرة (جدول رقم ٤) في محاكاة حجم النمو العمراني لمدينة دمنهور في الفترات السابقة (١٩٨٥-٢٠١٥) بنفس اتجاهاته، حيث تم تكرار عملية التنبؤ المعروفة بـ Monte Carlo لعدد ١٠٠ مرة من التكرارات بهدف التنبؤ بالتوزيع المستقبلي للمساحات المشغولة بالعمران Urban Areas و غير المشغولة Non-Urban Areas للمدينة في سنوات ٢٠٢٥، ٢٠٣٥، ٢٠٤٥

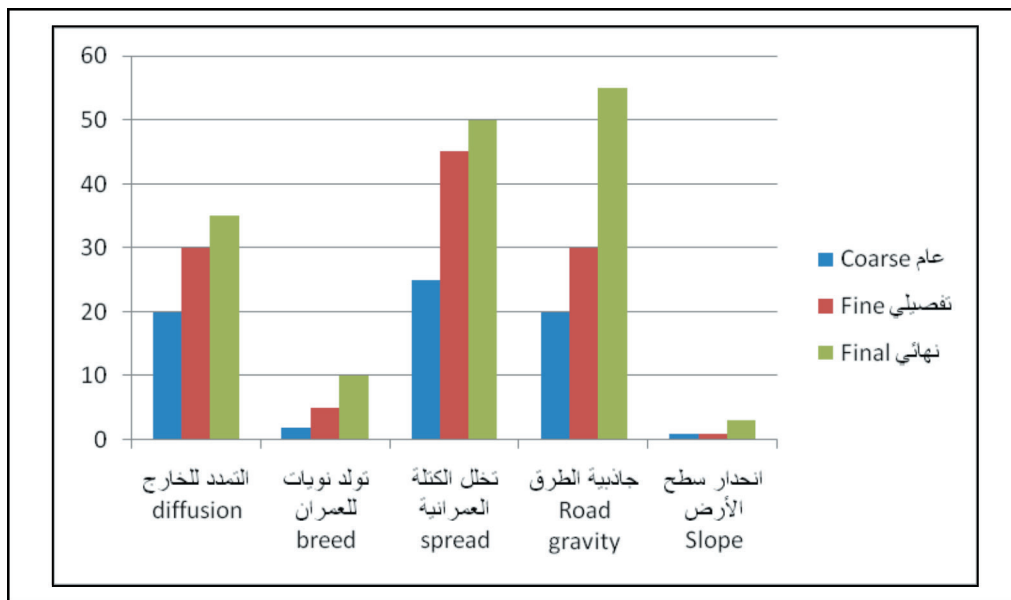
<sup>1</sup> <http://www.textpad.com>.

<sup>2</sup> Mahiny, A. S., & Gholamalifard, M. (2007), Dynamic Spatial Modeling of Urban Growth through Cellular Automata in a GIS Environment. Int J Environ Res, 1, 272-279. NCGIA. (2011).Project Gigalopolis,

تلقائياً داخل حدود الكتلة العمرانية ذاتها، متتبعاً محاور الطرق الرئيسية، مُنتقياً المساحات المُميزة بسهولة الوصول والاتصال في أغلب الأحيان، كما ظهر أثر عاملي التمدد نحو الخارج diffusion و تولد نويات جديدة للعمران breed في النمو بدرجات متوسطة، حيث أدت ميزات بعض البقع الأرضية خارج الكتلة الرئيسية المعمورة إلى نشوؤ عدد من النويات الجديدة للعمران في بعض الأحيان، صنعت جيوباً غير مأهولة، تخللها العمران في فترات لاحقة. بينما جاء أثر انحدار سطح الأرض طفيفاً على النمو العمراني في كل فترات النمو تقريباً نتيجة لاستواء سطح المدينة.

٩,٠٢ كيلومتر مربع .

وقد جاءت قيم التغير في مساحات النمو العمراني المحتمل إضافتها للمدينة متقاربة إلى حد ما بين سنوات الدراسة، حيث تتبأ النموذج بإضافة مساحة جديدة للعمران مقدارها ١,٠٢ كيلومتر مربع بين عامي ٢٠١٥، ٢٠٢٥ لتصبح المساحة الكلية للمدينة ١٠,٠٥ كيلومتر مربع بنهاية ٢٠٢٥. في حين يتم إضافة مساحة ٠,٩٧ كيلومتر مربع بين عامي ٢٠٢٥، ٢٠٣٥ لتصبح المساحة الكلية للمدينة ١١,٠٢ كيلومتر مربع، كما تضاف لكتلة المدينة العمرانية مساحة قدرها ١,٠١ كيلومتر مربع بين عامي ٢٠٣٥، ٢٠٤٥ .



شكل رقم (١٢) أثر العوامل الضابطة على النمو العمراني لمدينة دمهور في الفترة من ١٩٨٥ إلى ٢٠١٥ (نتائج مرحلة المعايرة لنموذج SLEUTH)

جدول رقم (٦) مساحات النمو العمراني المتوقعة لمدينة دمهور في سنوات ٢٠٢٥ و ٢٠٣٥ و ٢٠٤٥ (نتيجة تطبيق مخطط تتبع النمو العمراني التاريخي لنموذج SLEUTH)

السنة	مساحة الكتلة العمرانية (٢كم)	المساحة المضافة للكتلة العمرانية (٢كم)	%
٢٠١٥	٩,٠٢	-	-
٢٠٢٥	١٠,٠٥	١,٠٣	١١,٤
٢٠٣٥	١١,٠٢	٠,٩٧	٩,٦٥
٢٠٤٥	١٢,٠٣	١,٠١	٩,١٧

المصدر: نتائج مرحلة التنبؤ prediction باستخدام نموذج SLEUTH والإخراج باستخدام برنامج Arc Gis 10.3

وبتفعيل مرحلة التنبؤ Prediction بنموذج النمو العمراني SLEUTH لرسم خرائط النمو المستقبلي للعمران للمدينة في سنوات ٢٠٢٥ و ٢٠٣٥ و ٢٠٤٥ في الصيغة الرقمية (GIF)، ثم القيام بمعالجتها داخل برنامج Arc Gis ١٠,٢ لحساب مساحة النمو العمراني المتوقع مستقبلاً في كل مرحلة من مراحل التنبؤ، فقد أمكن التنبؤ بشكل و أبعاد النمو العمراني المستقبلي، المحتمل للمدينة.

و يوضح الجدول رقم (٦) مساحات النمو العمراني المتوقعة لمدينة دمهور في سنوات ٢٠٢٥ و ٢٠٣٥ و ٢٠٤٥، حيث تشير القيم إلى احتمالية استمرار النمو العمراني للمدينة بنسب متفاوتة لتصل مساحة الكتلة العمرانية للمدينة إلى ١٢,٠٢ كيلومتر مربع بانتهاء عام ٢٠٤٥ م، بزيادة قدرها ٣,٠١ كيلومترا مربع عن مساحتها في سنة ٢٠١٥، البالغة





شكل رقم (١٣) النمو العمراني المستقبلي المحتمل لمدينة دمنهور  
في سنوات ٢٠٢٥ و ٢٠٣٥ و ٢٠٤٥

البيئية في الكتل العمرانية القديمة.

## II- الخاتمة:

يمثل نمو المدن و الزحف العمراني على الأراضي الزراعية موضوعاً هاماً لدى الجغرافيين و العاملين في مجالات التخطيط العمراني، لما له من آثار سلبية في معظمها. و قد دعا ذلك إلى ضرورة دراسة ديناميات النظام الحضري و التعرف على العوامل المؤثرة في النمو العمراني. و قد شاع استخدام نماذج النمو العمراني و الأنظمة الحضرية في الفترة الأخيرة كوسائل هامة لمحاكاة سلوك النمو العمراني للمدن خلال مراحل تطورها و نموها، و من ثم التنبؤ بمساحات النمو العمراني مستقبلاً و اتجاهات هذا النمو<sup>(١)</sup>.

ويعكس الشكل رقم (١٣) صورة النمو المستقبلي المحتمل للعمران في مدينة دمنهور، الذي يأخذ نمط النمو المنتشر نحو الخارج Urban edge متجهاً بشكل ملحوظ نحو الشمال الغربي، مقتفياً أثر الطرق المنشأة في هذا القطاع، طاغياً على مساحات من الأراضي الزراعية فيه في معظم الأحوال. كما يلاحظ زحف العمران ليملاً الفراغات البيئية في جهات الجنوب الشرقي و الجنوب و الغرب.

بينما تشير الصورة التوزيعية للعمران في السنوات المتنبأ فيها بالنمو إلى إن النسبة الأكبر من النمو تتجه نحو الشمال الغربي، كما توضح خرائط النمو العمراني في سنوات ٢٠٢٥ و ٢٠٣٥، بينما يتجه العمران بنسبة أكبر نحو الجنوب الشرقي و الجنوب في خريطة النمو العمراني لسنة ٢٠٤٥، و بين هذا و ذلك ينمو العمران بشكل تلقائي ليملاً الفراغات

<sup>1</sup> Oguz, H., Klein, A. G., & Srinivasan, R. (2007), Using the Sleuth Urban Growth Model to Simulate the Impacts of Future Policy Scenarios on Urban Land Use in the Houston-Galveston-Brazoria CMSA. Research Journal of Social Sciences, 2, 72–82.

Urban edge في توجيه هذا النمو في فترات الدراسة. و قد ساعد الانحدار الهين لسطح الأرض على تمدد العمران نحو الخارج في معظم فترات النمو. و نتيجة لهذه الدراسة فقد جاءت الخطط المستقبلية المحتملة لنمو المدينة تُعظم من امتداد العمران على حساب الأراضي الزراعية المحيطة بالكتلة العمرانية الحالية، على جوانب الطرق الرئيسية.

## ١٢- المراجع:

### أولاً المراجع العربية

- أحمد علي إسماعيل (١٩٩٢)، دراسات في جغرافية المدن، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة.
- أحمد علي إسماعيل (١٩٨٠)، دراسات في سكان مصر، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة، ص.١٧.
- إسماعيل يوسف إسماعيل (٢٠٠٤) الدراسات العمرانية المعاصرة بتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، منشأة المعارف، الإسكندرية.
- فتحي محمد مصيلحي (٢٠٠٠) جغرافية المدن، الإطار النظري و تطبيقات عربية، الطبعة الأولى، مطابع التوحيد الحديثة، القاهرة.
- محمد السيد غلاب، يسري الجوهري (١٩٩١) جغرافية الحضر، منشأة المعارف، الإسكندرية.
- محمد رمزي القاموس الجغرافي للبلاد المصرية من عهد قدماء المصريين إلى سنة ١٩٤٥، القسم الثاني، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٩٤، ص.٢٠.

### ثانياً المراجع غير العربية

- Asgarian, A., Amiri, B. J., & Sakieh, Y. (2014). Assessing the effect of green cover spatial patterns on urban land surface temperature using land-landscape metrics approach. *Urban Ecosystems*, doi: 10.1007/s11252-014-0387-7.
- Barredo, J. I., et al (2003), Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata. *Landscape and Urban Planning*, 64 (3), 145-160.
- Batty, M. et al. (1999,) Modeling Urban Dynamics Through GIS- Based Cellular Autom-

وترمي هذه الدراسة إلى إلقاء الضوء على مراحل النمو العمراني لمدينة دمنهور، كأحدى مدن دلتا نهر النيل، التي تعاني من نمو مضطرب، و التتبع الزمني لسلوك هذا النمو و من ثم محاولة التنبؤ باتجاهاته المستقبلية بتطبيق نموذج النمو العمراني "SLEUTH"، الذي تم تطويره في جامعة كاليفورنيا الأمريكية لدراسات نمو المدن من النموذج الأصلي (نموذج التفاعل التلقائي للخلايا Cellular Automata)، و هو من النماذج المُمَيَّزة في تلك الدراسات، إذ يسهل الحصول عليه عن طريق شبكة الانترنت، و يستخدم بكفاءة مع بيانات الأقمار الصناعية، كما إنه يمكن تبادل البيانات بينه و بين برامج نظم المعلومات الجغرافية بسهولة، فضلاً عن إمكانية مراقبة نتائج النموذج في كل مرحلة أثناء تشغيله.

ومن خلال تحليل نسب التغير في مساحات العمران في مدينة دمنهور من عام ١٩٦٠ إلى عام ٢٠١٥، باستخدام الخريطة الطبوغرافية مقياس رسم ١ : ١٠٠٠٠٠ للمدينة لعام ١٩٦٠، فضلاً عن تطبيق أداة تحديد نسب التغير Change Detection على عدد من المرئيات الفضائية للسنوات المذكورة باستخدام برنامج Erdas Imagine للسنين ٢٠١٢، فقد تم التتبع الدقيق للكتلة العمرانية لمدينة دمنهور في مراحل نموها، حيث مثل الجزء المندمج منها غرب ترعة الخندق نواة للعمران في عام ١٩٦٠، بالإضافة لعدد من القرى المتفرقة شمال تلك الكتلة وشرقها، التي ضمتها المدينة لكتلتها العمرانية في مراحل تالية. ثم امتد العمران في الفترات اللاحقة في كل الاتجاهات تقريباً، إلا إن النصب الأكبر من حيث النمو كان للقطاع الغربي من المدينة في معظم الفترات.

و بتطبيق نموذج SLEUTH، باستخدام بعض العناصر الجغرافية المختارة لمدينة دمنهور في فترات زمنية ماضية، فضلاً عن تفعيل دور نظم المعلومات الجغرافية، فقد أمكن محاكاة نمط النمو العمراني للمدينة في الفترة من عام ١٩٨٥ إلى عام ٢٠١٥، ومن ثم التنبؤ بالخطط المحتملة للنمو العمراني المستقبلي للمدينة في أعوام ٢٠٢٥، ٢٠٣٥، ٢٠٤٥. و من خلال التتبع الزمني لسلوك النمو العمراني للمدينة فقد ثبت الأثر الواضح لعامل جاذبية الطرق للنمو و عامل التخلل التلقائي للعمران في المساحات الفضاء داخل الكتلة العمرانية بالإضافة لعوامل تمدد العمران نحو حواف العمران

- Lakshmi KantaKumar N, et al.( 2010), Forecasting urban growth based on GIS, RS and SLEUTH model in Pune metropolitan area, International Journal of Geomatics and Geosciences, Volume 2 Issue 2,,Volume 2, No 2, p. 573.
- Lloyd-Jones, T., and Erickson, B. (1997), "Rule-based models as planning tools: three prototypes." .
- Mahmoud Adel Hassan (2002), Assessment of Urban Land-Use Using Geographic Information Systems Case Study: Damanhour City, Thesis Submitted to Institute of Graduate Studies and Research, Alexandria University.
- Mahiny, A. S., & Gholamalifard, M. (2007), Dynamic Spatial Modeling of Urban Growth through Cellular Automata in a GIS Environment. Int J Environ Res, 1, 272–279. NCGIA. (2011).Project Gigalopolis.
- Mask j. G., Lindsayf. E. and Gowards. N. (2000), Dynamics of urban growth in the Washington DC metropolitan area, 1973–1996, from Landsat observations, International Journal of Remote Sensing, Vol. 21, No. 18, p.3473.
- Milne, A.K. (1988), "Change Detection Analysis Using Landsat Imagery a Review of Methodology," in Proceedings of IGARSS 88 Symposiums, Edinburgh, Scotland, 13–16 September 1988, pp. 541–544.
- Newell, A. (1997), Unified Theories of Cognition, (Harvard University Press, Cambridge,A).
- Oguz, H., Klein, A. G., & Srinivasan, R. (2007), Using the Sleuth Urban Growth Model to Simulate the Impacts of Future Policy Scenarios on Urban Land Use in the Houston-Galveston-Brazoria CMSA. Research Journal of Social Sciences, 2, 72–82.
- Olden, J. D., and Jackson, D. A. (2001), "Fish-habitat relationships in lakes: gaining predic-  
ata, Computers, Environment and Urban Systems, 23(3), pp. 205-233.
- Bernard, R. N. (1999), "An application of agent-based modelling to planning policy: the case of rent control," Ph.D. Dissertation, Rutgers University.
- Campbell, J.B. (1987), Introduction to Remote Sensing, New York: The Guilford Press.
- Claire A. Jantz, Scott J. Goetz, and Mary K. Shelley, (2003), "Using the SLEUTH urban growth model to simulate the impacts of future policy scenarios on urban land use in the Baltimore/Washington metropolitan area," Environment and Planning B: Planning and Design, vol. 30, pp. 251.
- Clarke, K. C., & Gaydos, L. J. (1998), Loose-coupling a cellular automata model and GIS: Long-term urban growth prediction for San Francisco and Washing- ton/Baltimore International Journal of Geographical Information Science, 12, 699–714.
- Clarke, K., & Gaydos, L. (1997), A self - modifying cellular automata model of historical urbanization in the San Francisco Bay area, Environmental and Planning B: Planning and Design, 24, pp.247-261.
- Hese, S. (2008), Using SLEUTH Urban Growth Modelling Environment", Working Note, Lehrstuhl für Fernerkundung Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Jantz, C. A., S. J., et al., (2009), Designing and implementing a regional urban modeling system using the SLEUTH cellular urban model. Computers, Environment & Urban Systems 34:1-16.
- Jianquan Cheng, (2003) Modelling Spatial and Temporal Urban Growth, Doctoral Dissertation, Utrecht University, Netherlands.

-Webster, C., and Wu, F. (2001), "Coarse, spatial pricing and self-organising cities." *Urban Studies*, 38(11), 2037-2054.

-White, R., and Engelen, G. (2000), "High resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems." *Computers, Environment and Urban Systems*, 24, 383-440.

-Wu, F., and Webster, C. T. (1998), "Simulation of land development through the integration of cellular automata and multi-criteria evaluation." *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25.

### ثالثا مواقع شبكة المعلومات (Internet) :

- USGS, Project Gigalopolis: Urban and Land Cover Modeling for details and access to source code for various versions of the SLEUTH <http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/Imp/Implement.htm>

- Helios Software Solutions, The Text Editor for Windows Text Pad, <http://www.textpad.com>.

- University of Maryland, Global Land Cover Facilities <http://www.landcover.org>.

and explanatory insight by using artificial neural networks." *Transactions of the American Fisheries Society*, 130, 878-897.

-Ridd, M. K., and J. Liu (1998), A Comparison of Four Algorithms for Change Detection in an Urban Environment., *Remote Sensing of Environment*, Vol.63, p. 96.

-Silva, E., et al., (2002), Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Portugal, *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 26, pp. 529.

- Sui, D. Z. (1998), "GIS-based urban modeling: practices, problems, and prospects." *International Journal of Geographical Information Science*, 12(7), 651-671.

-Taher Osman, Prasanna Divigalpitiya and Takafumi Arima, (2015), Modeling urban growth scenarios in Cairo Metropolitan Region 2035, the 4 the International Conference On Computers in Urban Planning and Urban Management CUPUM, 7-10 July, Cambridge, USA.

-Torrens, et .al. (2001), "Cellular automata and urban simulation: where do we go from here?" *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28, 163-168.

-United States Environmental Protection Agency(EPA),(2000), *Projecting Land-Use Change Summary of Models for Assessing the Effects of Community Growth and Change on Land-Use Patterns*, Cincinnati, OH., Office of Research and development, p. 260.

-Von Neumann, J., (1966), *Theory of Self - Reproducing Automata*, Edited by A. W, Burks (university of Illinois, Urbana).

-Waddell, P. (2002), "UrbanSim: modeling urban development for land use, transportation and environmental planning." *Journal of American Planning Association*, 68, 297-314.

د. هاني سامي عبد العظيم أبو العلا

النمو العمراني لمدينة دمنهور:  
دراسة باستخدام نموذج التفاعل التلقائي للخلايا