

العنوان:	محاكاة الأنماط الزمانية والمكانية للنمو الحضري في بنغازي ليبيا باستخدام النموذج المدمج Markov-CA
المصدر:	مجلة العلوم والدراسات الإنسانية
الناشر:	جامعة بنغازي - كلية الآداب والعلوم بالمرج
المؤلف الرئيسي:	أبوراس، مصطفى ميلاد
مؤلفين آخرين:	ابوراس، ماهر ميلاد(م. مشارك)
المجلد/العدد:	ع22
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	2016
الشهر:	نوفمبر
الصفحات:	1 - 14
رقم MD:	763470
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
اللغة:	Arabic
قواعد المعلومات:	HumanIndex
مواضيع:	النمذجة المكانية، النمو الحضري، النموذج المدمج Markov-CA، التوسع العمراني، بنغازي، ليبيا
رابط:	<a href="http://search.mandumah.com/Record/763470">http://search.mandumah.com/Record/763470</a>

## محاكاة الأنماط الزمانية والمكانية للنمو الحضري في بنغازي، ليبيا، باستخدام النموذج المدمج CA-Markov

مصطفى ميلاد ابوراس      ماهر ميلاد ابوراس.

### الملخص

يعد النمو الحضري و التوسع العمراني من المشكلات التي حضت بالكثير من الدراسات و الأبحاث لأجل قياس حجمها و معرفة أسبابها و إيجاد الحلول الناجعة ل معالجتها. في السنوات الأخيرة، أصبحت محاكاة أنماط النمو الحضري من أكبر التحديات التي تواجه الباحثين و مخططي المدن وصناع القرار من أجل وضع السياسات الحضرية المستدامة على المدى الطويل. من هذا المنطلق أصبحت النمذجة الزمانية و المكانية وذلك باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية من أهم التقنيات المستخدمة لتحقيق هذا الغرض. يمكننا القول هنا: إن هذه التقنيات وفرت الكثير من الجهد و الوقت و المال، و خرجت بنتائج دقيقة و عملية مما يتطلب اهتماما أكثر باستخدامها في دراسة أنماط هذه الظاهرة واتجاهاتها، سواء من حيث التقييم أو المحاكاة. تهدف هذه الدراسة أساساً إلى محاكاة النمو الحضري لمدينة بنغازي ثاني أكبر حاضرة سكانية في ليبيا و التنبؤ باتجاهاته وأنماطه لعقدين قادمين. لهذا الغرض، استخدمت هذه الدراسة صور لاندسات 5-8 لاعوام 1986، 2004، 2014 على التوالي. دقة هذه البيانات المكانية تبلغ 30 متراً والتي تم توفيرها مجاناً من قبل هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية. حيث استخدمت من أجل توليد خرائط استخدامات الأراضي لمنطقة الدراسة. بالإضافة إلى ذلك، هذه الصور تمت معالجتها من حيث تحسينها وتصنيفها وتقييم دقة تصنيفها داخل برنامج الأرك ماب 10.2. علاوة على ذلك، تم تصنيف خرائط الغطاء الأرضي للمدينة إلى صنفين رئيسيين فقط وهما: الاستخدام الحضري وغير الحضري، من أجل خدمة هدف الدراسة. هذه الخرائط تم تحويلها من صيغة "Raster" إلى صيغة "ASCII" داخل برنامج الأرك ماب تمهيدياً لإدخال البيانات إلى برنامج " IDRISI SELVA " وذلك، من أجل استخدام النموذج المدمج " CA-Markov " لمحاكاة اتجاهات النمو الحضري للمدينة. هذا النموذج استخدم لتحليل ديناميات المشهد الحضري و إخراج خرائط التنبؤ المستقبلي لاتجاهات وأنماط النمو الحضري للعامين 2024 و 2034. كانت نتائج تقييم الدقة والتحقق من صحة محاكاة اتجاهات النمو الحضري لنموذج CA-Markov مقبولة، وتخدم متطلبات الدراسة. حيث كانت نتائج تقييم الدقة لمؤشر كابتا 84%، مما يدل على أن قدرة النموذج على المحاكاة ممتازة. أخيراً، أظهرت نتائج هذه الدراسة أن النمو الحضري قد شهد نمواً سريعاً في العقدين السابقين و أنه سوف يستمر النمو في الزيادة مستقبلاً مما يؤثر على استدامة الأراضي حول المدينة متطلباً وضع سياسات حضرية تحافظ على توازن استخدامات الأراضي على المدى الطويل.

كلمات البحث: النمو الحضري، المحاكاة، GIS، CA-Markov، التنبؤ، النمذجة المكانية.

## 1. المقدمة

أصبح النمو العمراني السريع قضية بيئية معقدة، نظراً لتعدد أنماطها، و اختلاف أسبابها، و أثرها على النظام البيئي (Aithal & Sanna, 2012; Basudeb Bhatta, 2010; Fujita, 1976). إن فهم الأنماط المكانية للنمو الحضري هي واحدة من أهم التحديات للباحثين، والمخططين، وصناع القرار، من أجل تحقيق مبدأ التنمية الحضرية المستدامة (Fujita, 1976). بالإضافة إلى ذلك، فهم الخصائص الاجتماعية، والاقتصادية، والديناميكية للنمو الحضري يؤدي إلى خلق سياسات فعالة من شأنها الحد من هذه الظاهرة (Habibi & Asadi, 2011). عموماً، يمكن القول، إن النمو الحضري هو ظاهرة حيوية، باعتبارها نتاج مجموعة من الأسباب الاقتصادية، والاجتماعية المختلفة. ينتج عن هذه الظاهرة مجموعة من الآثار الطبيعية، والبشرية المختلفة مما يلزم إيجاد السبل الأفضل لتقييمها من أجل وضع سياسات حضرية مستقبلية للحد من أثارها السلبية (Van, 2008).

تشهد ليبيا بشكل عام نموا سكانيا كبيرا، و نسبة تحضر عالية، شأنها شأن معظم دول العالم الثالث، حيث بلغت نسبة التحضر في ليبيا للعام 2014 78% (Un, 2015). مما يجعلها ضمن الدول أعلى مستوى تحضر في العالم. تعتبر مدينة بنغازي مركز إقليمي يحوي أنماط حضرية مختلفة، و تواجه المدينة عديد المشكلات كسائر مدن ليبيا. حيث إنها تعاني من مشكل سرعة النمو الحضري، و تفتقر للتخطيط الحضري المستدام، و الإدارة و التنمية (Mohamed, 2013). تنمو مدينة بنغازي نحو أطرافها، و خارج حدود مخططها، في مناطق تعرف بالعشوائيات. حيث ساعدت مجموعة من العوامل في سرعة اتساع المدينة، و امتدادها باتجاه محاور الطرق على حساب الأراضي المجاورة، و بما تحتويه من مواد طبيعية، مما خلق الكثير من المشكلات البيئية، و الاجتماعية، و الاقتصادية (جعودة، 2013).

خلال العقود القربية الماضية، كان المشكل الرئيس في التحليل الجغرافي عدم توفر البيانات المكانية. و في هذه الأيام تشهد انتشارا واسعا للتكنولوجيا، و البرمجيات التي تنتج كما كبيرا من المعلومات المكانية. حيث كان التحليل الحضري سريعا في اعتماد و الاستفادة من مجال التكنولوجيا و التقنيات الحديثة مثل: RS، و GIS، و البرامج الرياضية، و الإحصائية. و لم يكن هذا هو الحال (Páez & Scott, 2005). معظم المقاييس الإحصائية الحالية غير مكانية، و هذا لديه العديد من المشكلات، مثل: فشل معظم الإحصاءات التقليدية في تجميع معلومات الموقع بشكل كاف، و تمثيلها، و استقلاليتها. (Ren, Gan, Yuan, Zong, & Xie, 2013). انتقدت الطرق الإحصائية التقليدية بأنها غير فعالة في نمذجة البيانات المكانية و الزمنية؛ السبب الرئيس أن البيانات المكانية و الزمنية غالبا ما تعاكس الافتراضات الأساسية. هناك بديلان كثيرا ما يتم اعتمادهما، أو تكييفهما. الأول هو مزج أو دمج العينات المكانية مع التحليل الإحصائي التقليدي. و الآخر هو تطوير طرق إحصائية جديدة تعتمد على العلاقات المكانية مثل: التبعية المكانية، و التنوع المكاني. (Cheng, 2003).

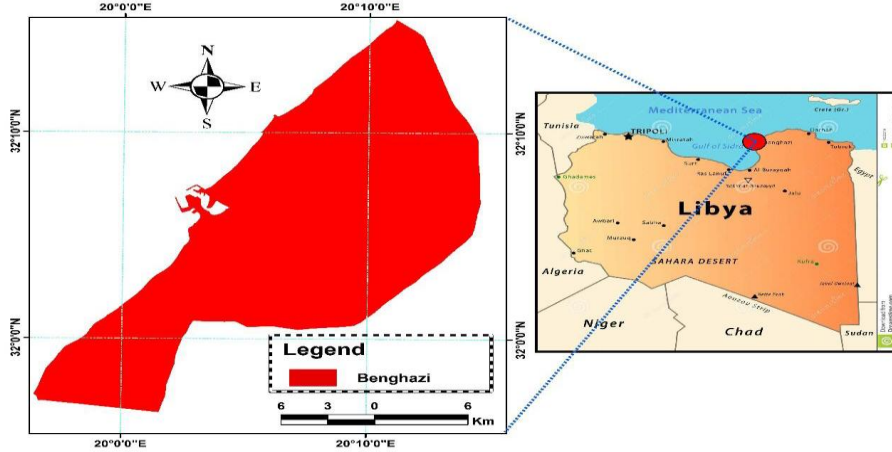
في الوقت الحاضر، مخطوط المدن، وصانعو القرار، يأخذون بعين الاعتبار التقنيات الحديثة مثل: نظم المعلومات الجغرافية، و الاستشعار عن بعد، عند دراسة هذه الظاهرة من اجل وضع سياسات حضرية مستقبلية (Liu, Shi, Zhang, & Zhao, 2015). يتم استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، و الاستشعار عن بعد، في تحليل، و قياس، و تقييم أنماط النمو الحضري لعدة أسباب، مثل: توفر هذه التقنيات الأبعاد الزمنية، و المكانية، لرصد و مراقبة هذه الظاهرة (Ramachandra, Bharath, & Sowmyashree, 2013). بالإضافة إلى

ذلك، يمكن دمج هذه التقنيات مع غيرها من التقنيات الكمية، والنوعية، للحصول على فهم أفضل وعميق لهذه الظاهرة ( Al-sharif, Pradhan, Shafri, & Mansor, 2014; ) (Shalaby, 2012; Yang, 2010). هناك عدة تطبيقات مختلفة قد استخدمت، تأخذ في عين الاعتبار العوامل الاجتماعية، والاقتصادية، مثل: النمو السكاني، ومستوى الدخل، أيضا العمليات الكمية مثل، قياس وحساب المساحة المبنية من حيث الانتشار، وسرعة النمو (Al-sharif, Pradhan, Shafri, & Mansor, 2013; Ramachandra et al., 2013).

هذه الدراسة تهدف الى محاكاة النمو الحضري لمدينة بنغازي- ثاني أكبر حاضرة سكانية في ليبيا- و التنبؤ بالنمو الحضري بها لعقدين قادمين. وذلك باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية. كما تهدف هذه الدراسة إلى دمج مخرجات تقنيات RS و GIS مع برنامج Idrisiselva، لتحقيق فهم واسع لقضية الدراسة. كما سيتم عرض أنماط النمو العمراني بصريا، بواسطة برنامج ArcGIS 10.2. الغرض من استخدام تقنيات مختلفة، ومتعددة في هذه الدراسة هو: تقديم آخر ما توصل إليه الباحثون في هذا المجال، من طرق لمحاكاة التوسع العمراني، من أجل الاستفادة منها محليا، ودوليا، في صناعة القرار الحضري.

## 2.منطقة الدراسة

بنغازي هي ثاني مدن ليبيا، من حيث المساحة، و عدد السكان. حيث تبلغ مساحتها حوالي: 800 كم<sup>2</sup> و يبلغ عدد سكانها 601,287.000 نسمة (احصاء 2006). وهي من المناطق الحضرية التاريخية في شمال أفريقيا. تقع مدينة بنغازي شمال شرق ليبيا، و تطل على ساحل البحر المتوسط. و تحيط ببنغازي كلا من: توكرة، و قمينس، والأبيار، و سلوق. و تتسم مدينة بنغازي بتخطيط شعاعي، مركزه بحيرة بنغازي في وسط المدينة، و الذي يعتبر أيضا مركزها التجاري، و الإداري لعقود ( شكل 1). عند إعداد المخططات الأولى للمدن، و القرى الليبية، لم يكن معدوها يتوقعون مدى النمو الحضري، و السكاني الذي يمكن أن يحدث بسبب تطور المورد النفطي. فقد وصل الحجم السكاني المتوقع للعديد منها خلال فترة نهاية السبعينات الى الحجم المتوقع لها مع نهاية المخطط- أي سنة 1988 م- و قد مرت المخططات الأولى (الجيل الأول و الجيل الثاني) بعدة تحولات إدارية سريعة، من نظام المحافظات الى بلديات محدودة المسؤولية، و قد قلصت البلديات من 46 الى 44، الى 25، الى 24، الى 13، الى 12، الى 7، ثم المؤتمرات، والشعبيات، مما جعل الجهات المعنية لا تستوعب مفهوم التخطيط. فالقدرات الإدارية، و الفنية، و المالية للبلديات لم تستطع مجاراة النمو، و التطور العمراني، و الزحف السكاني لمدينة بنغازي، الأمر الذي أدى إلى تطور عشوائي في العديد من مناطق المدينة (عمورة، 1998).



الشكل 1. منطقة الدراسة.

### 3. مواد وأساليب الدراسة

هذه الدراسة استخدمت ثلاث صور لاندسات 5 ، 8 مع دقة 30 مترا ، حيث تمثل أعوام 1986 - 2004 - 2014 . تم الحصول على هذه الصور مجاناً من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية " <http://earthexplorer.usgs.gov> ". تم تصحيح هذه الصور وتسجيلها جغرافياً من المصدر. استخدمت مجموعة الألوان " FCC " والتي تعني False Composite Color من أجل تحسين عرض الصور لغرض تصنيفها لاحقاً (Ramachandra et al., 2013). تم استخدام طريقة التصنيف تحت الإشراف "Maximum Likelihood Classification" من أجل إنشاء خريطة استخدام الأراضي لمدينة بنغازي. تعتبر هذه الطريقة من أكثر الطرق استخداماً في تصنيف صور الأقمار الصناعية لسهولة استخدامها ودقتها ( Alsharif & Pradhan, 2013; Alsharif & Pradhan, 2014). تم تصنيف منطقة الدراسة إلى فئتين من استخدامات الأراضي وهما: استخدام حضري، و غير حضري، وذلك من أجل خدمة أهداف الدراسة المتمثلة في تحليل أنماط النمو الحضري. المنطقة الحضرية تشمل: المناطق السكنية، والصناعية، والتجارية، و الخدمية، و الطرق ... الخ. بينما المناطق غير الحضرية تشمل: المناطق الزراعية، والغابات، والمياه، والمناطق الريفية، والمناطق المفتوحة... الخ (Anderson, 1976).

تم تنفيذ تقييم الدقة " Accuracy assessment " لخرائط استخدام الأراضي 2004 و 2014 عن طريق استخدام برنامج " Google Earth ". حيث يوفر هذا البرنامج صور عالية الدقة، يمكن الاعتماد عليها في تنفيذ هذا النوع من التقنيات، كما أنه يوفر صور ذات تواريخ قديمة، تتطابق مع الصور المستخدمة في هذه الدراسة، وذلك باستخدام أداة "Time Slider". هذه الدراسة افترضت، إنه إذا كانت دقة تصنيف الصور لخرائط 2004 و 2014 مقبولة، فإن تصنيف صورة عام 1986 سيكون أيضاً بنفس الجودة، وذلك لعدم وجود صور تتطابق مع هذا التاريخ لإجراء تقييم الدقة اعتماداً عليها. أكدت نتائج تقييم دقة تصنيف الصور، إن الدقة الكلية لتصنيف الصور " Overall accuracy " 2004 و 2014 قد بلغت 85% و 92% على التوالي، بينما بلغ مؤشر كبا " Kappa index " حوالي 0.80 و 0.82 على

التوالي. تعتبر هذه النتائج مقبولة من أجل إجراء هذه الدراسة التحليل المكانية التالية تم تطبيقها من أجل قياس وتقييم طبقة الاستخدام الحضري.

### 1.3. نموذج CA الحضري

نموذج CA (Cellular automata) يكمن وراء ديناميات تغيير الأحداث على أساس مفهوم الجوار (Memarian et al., 2012). نموذج CA هو نظام ديناميكي منفصل، يتم فيه تحديد حالة كل خلية في الوقت  $t + 1$  بناء على حالة خلايا الجوار، في وقت مذكور، وفقاً لقواعد الانتقال المعرفة مسبقاً (Ye & Bai, 2007). نموذج CA ديناميكي يحاكي تطور الأمور في بعدها الزمني، و المكاني. مما جعله مثالياً في تمثيل محاكاة استخدام الأراضي، علاوة على ذلك، بساطته في عدم احتياجه لبيانات كثيرة (Ye & Bai, 2007).

يتكون نموذج CA بشكل أساسي من: (أ) شبكة من الخلايا. (ب) الحالة لكل خلية في شبكة CA. (ج) فضاء الجوار في شبكة CA. (د) قواعد CA للانتقال. حيث إن السلوك الذي يحدث في العالم الحقيقي، يمكن أن يفهم من خلال قواعد الانتقال في نماذج CA (Aburas, Ho, Ramli, & Ash'aari, 2016).

حالة أي خلية يمكن أن تنتقل إلى حالة أخرى باستخدام قواعد الانتقال التي تجعل نموذج CA أكثر ديناميكية للمحاكاة (Wu, 1998). نموذج CA لديه العديد من قواعد الانتقال. واحدة من هذه القواعد هي: عدم تغيير حالة الخلية في عملية المحاكاة عندما تكون حالة الخلية استخدام حضري. بالإضافة إلى ذلك، عندما تكون حالة الخلية مقيدة، ففي هذه الحالة هي لن تكون منتقلة في عملية المحاكاة. كذلك عندما تكون الخلية قريبة إلى العوامل المؤثرة، ففي هذه الحالة احتمالية الانتقال إلى حالة الاستخدام الحضري تزداد (Mohammad et al, 2013).

يعبر عن الصيغة الأساسية لنموذج CA كالتالي:

$$S(t,t+1)f(S(t),N) \quad (1)$$

where  $S$  is the states of discrete cells,  $t$  is the time instant,  $t + 1$  is the coming future time instant respectively,  $N$  is the cellular field, and  $f$  is the transition rule of cellular states in local space.

### 2.3. نموذج سلسلة ماركوف

سلسلة ماركوف هي عملية رياضية تصادفية، يمكن من خلالها تكهن المستقبل من خلال الحاضر دون الحاجة لمعرفة الماضي. تستخدم سلسلة ماركوف للتنبؤ بحالة الخلية المنتقلة إلى حالات مختلفة وفقاً لتقدم تشكل نظم عملية ماركوف العشوائية (Muller & Middleton, 1994). هذا النموذج يستخدم بشكل شائع لمحاكاة النمو الحضري، لأنه لا يحتاج إلى بيانات كثيرة (Sun et al., 2007). هذا النموذج يستخدم أيضاً لحساب احتماليات مساحات الانتقال، من حالة واحدة من استخدام الأراضي إلى حالات أخرى (Coppedge et al., 2007). في هذه الدراسة، صنف الاستخدام الحضري و غير الحضري للأراضي، و أدخلت كبيانات للنموذج (شكل 3). يتم حساب احتمالية التنبؤ بالنمو الحضري وفقاً لمعادلة الإحصاء الشرطية التالية:

$$S ( t+1 ) = P_{ij} \times S(t) \quad (2)$$

$$P_{ij} = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{n1} \\ P_{21} & P_{22} & P_{n2} \\ P_{n1} & P_{n2} & P_{nn} \end{vmatrix} \quad (3)$$

$$(0 \leq P_{ij} < 1)$$

where  $S(t)$  is the state of the system at time,  $t$ ,  $S(t+1)$  is the state of the system at time,  $(t+1)$ , and  $P_{ij}$  is the matrix of transition probability in a state.

### 3.3. نموذج CA ماركوف

يمكن لدقة تقنيات نماذج النمو الحضري أن تحسن بواسطة الجمع بين اثنتين أو أكثر من تقنيات التنبؤ، لتكامل ميزات هذه النماذج (Yang et al., 2012). يستخدم مؤخرا نموذج CA- ماركوف من أجل التنبؤ بقضايا الديناميكا المكانية، مثل: النمو الحضري، ومستقبل تغير استخدامات الأراضي (Wang, 235 Zheng, & Zang, 2012). يعتبر التكامل بين نموذج CA ونموذج سلسلة ماركوف مناسباً للنمذجة المكانية للنمو الحضري، لأنه يزيد من فوائد سلسلة ماركوف في التنبؤ بالتغير الكمي الحضري، وقوة وضوح المحاكاة المكانية لنموذج (Yang et al., 2012). بالتالي، التكامل بين بيئة GIS وخرائط النمو الحضري التي تستمد من صور الأقمار الاصطناعية، وتقنيات الاستشعار عن بعد معاً، مع نموذج CA- ماركوف، سيزيد من كفاءة التنبؤ المكاني، والزمني لطواهر النمو الحضري (Guan et al., 2011; Wang et al., 2012).

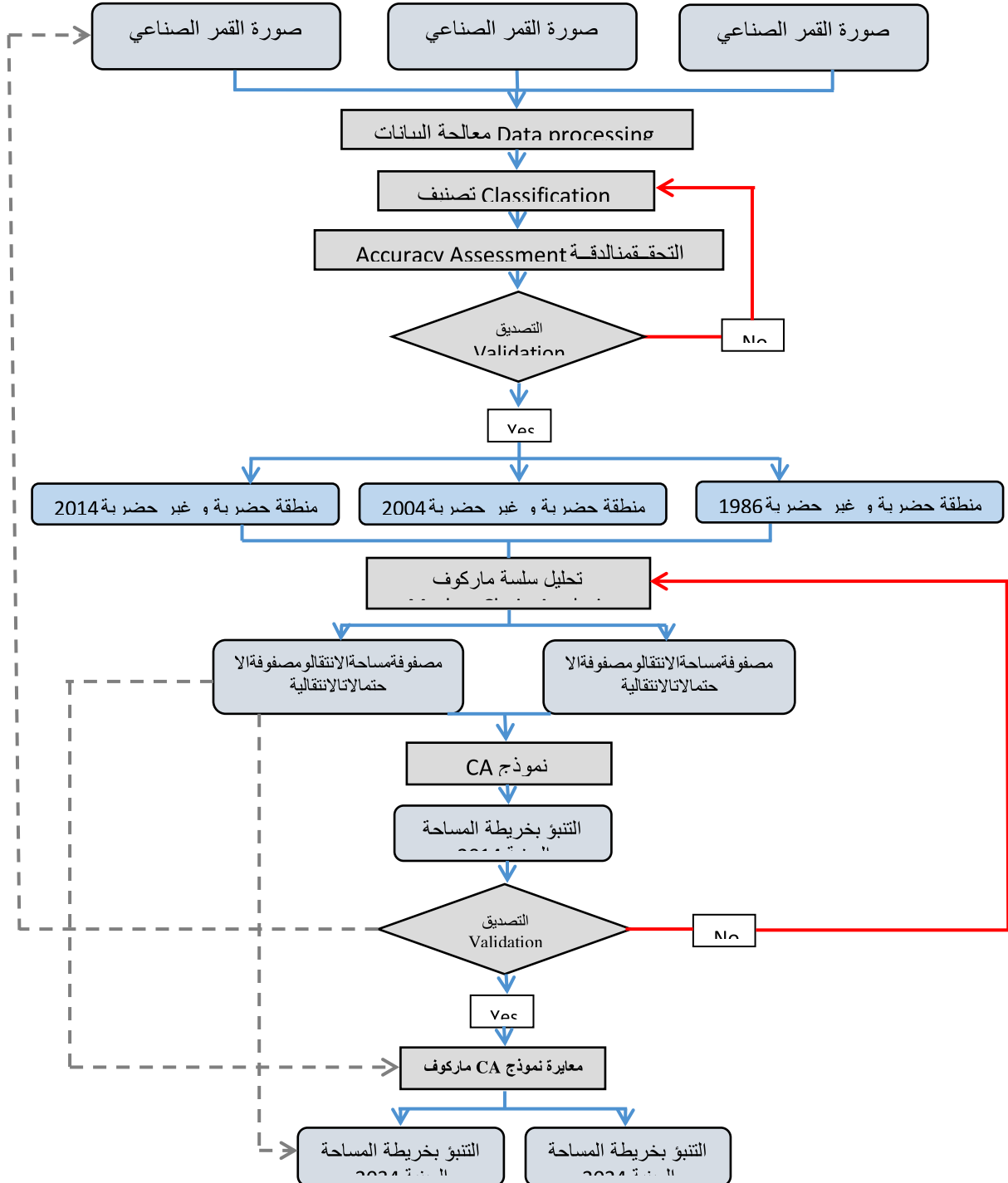
في هذه الدراسة تم تطبيق نموذج CA- ماركوف لمحاكاة، و التنبؤ بالنمو الحضري لمدينة بنغازي للعامين 2024 و 2034 باستخدام برنامج ArcGIS10.2 وبرنامج IDRISI Selva15.

تم تحويل خرائط استخدامات الأراضي لمساحة الدراسة من صيغة Vector إلى صيغة Raster و من ثم إلى صيغة ASCII داخل بيئة برنامج ArcGIS10.2 تمهيداً لإدخالها إلى بيئة برنامج IDRISI Selva15 لتوليد خرائط التنبؤ بالنمو الحضري لمدينة بنغازي للعامين 2024 و 2034.

تم تحديد مصفوفة احتمالية الانتقال لفئة استخدام الأراضي الحضرية، و غير الحضرية، عن طريق سلسلة ماركوف، بناء على الحالة السابقة للفئات. قيمة احتمالية الانتقال لفئة استخدام الأراضي الحضرية، و غير الحضرية من 1986-2004 استخدمت لتنبؤ التغير في استخدامات الأراضي للعام 2014 من أجل معايرة، و التحقق من أداء النموذج. في حين استخدمت فئات استخدامات الأراضي من 2004-2014 للتنبؤ بالتغيرات في استخدامات الأراضي للعام 2024. و استخدمت الخرائط من 2014-2024 للتنبؤ بتغيرات المستقبلية للعام 2034. كانت مقاييس احتمالية الانتقال هي المسؤولة عن قواعد الانتقال و احتمالية التغير داخل الطبقات لأصناف استخدامات الأراضي، بينما مقاييس مساحة الانتقال كانت هي المسؤولة عن كمية التغير للأراضي.

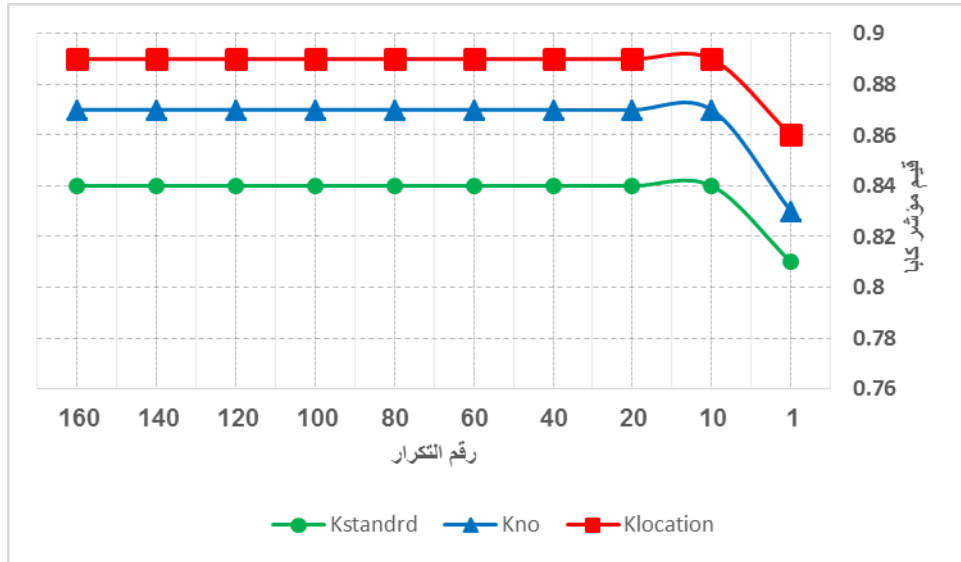
للمعايرة تم استخدام أرقام تكرار متغيرة من 1 إلى 160 من أجل الحصول على قيمة التكرار التي تعطي النتائج الأكثر دقة. حيث أظهر استخدام أرقام تكرار متصاعدة من 1 إلى 160 إلى نتائج متماثلة ما بين 10 إلى 160 (الشكل 3).

تم أخذ الأعوام 1986 و 2004 في هذه الدراسة كنقاط بداية لعملية المعايرة، و التحقق من الصحة باستخدام مؤشر كبا. بينما الأعوام 2004 و 2014 استخدمت كنقاط بداية للتنبؤ بالعام 2024. أيضا الاعوام 2014 و 2024 استخدمت للتنبؤ بالعام 2034.



الشكل 3. مخطط عمل نموذج CA ماركوف.





الشكل 2. قيم مؤشر كبا مقابل رقم التكرار.

#### 4. المناقشة و النتائج

##### 1.4 مقياس مصفوفة الانتقال

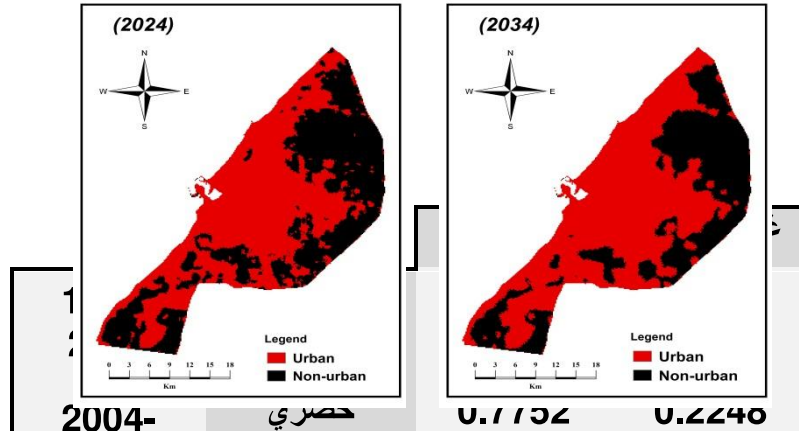
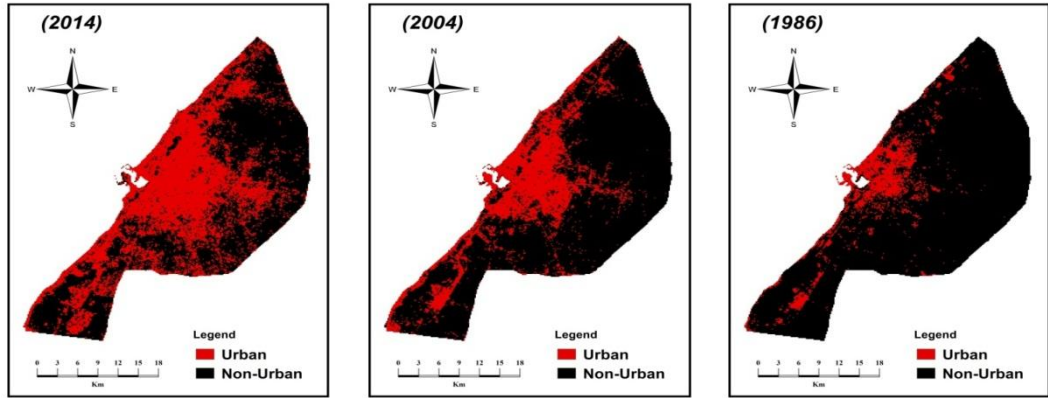
تم استخدام نموذج سلسلة ماركوف لحساب مصفوفة الانتقال، كما هو مبين في الجدول (1). بالإضافة الى ذلك، فإن النسب المئوية المستقبلية المحتملة للتغير في الأراضي الحضرية، و غير الحضرية، في الفترات الزمنية 2004-1986 و 2004-2014 و 2014-2024 يمكن التأكد منها باستخدام مصفوفة احتمالية الانتقال. من خلال الجدول 1 يمكن تحليل النتائج حيث يمكن ملاحظة احتمالية الانتقال في المستقبل من الاستخدام غير الحضري إلى الحضري للفترة الزمنية 2004-1986 كانت 24%، و احتمالية الانتقال في المستقبل من الاستخدام غير الحضري إلى الحضري للفترة الزمنية 2004-2014 كانت 40%، و احتمالية الانتقال في المستقبل من الاستخدام غير الحضري إلى الحضري للفترة الزمنية 2004-2014 كانت 56%. تظهر هذه النتائج تزايدا مستمرا في الزحف العمراني على حساب الاستخدامات الأخرى للأراضي مما يؤكد أن مدينة بنغازي تواجه نموا حضريا سريعا.

الجدول 2. مقياس احتمالية الانتقال للفترة الزمنية: 2004-1986، 2004-2014، 2014-2024

الجدول 1. مقياس احتمالية الانتقال للفترات الزمنية: 2004-1986 ، 2004-2014 ، 2014-2024.

## 2.4. مخرجات نموذج CA-ماركوف

تم إنتاج خريطة استخدامات الأراضي للعام 2024 بواسطة الخريطة الحقيقية للعام 2014، و تم إنتاج خريطة استخدامات الأراضي للعام 2034 بواسطة الخريطة المتوقعة للعام 2024. الشكل 4.



الشكل 4. خرائط النمو الحضري لسنوات مختلفة: 1986 ، 2004 ، 2014 ، 2024 ، 2034.

2014-2024	حضري	0.7294	0.2706
	غير حضري	0.5603	0.4397

	المساحة الحضرية	المساحة غير الحضرية
1986	45	372
2004	62	355
2014	189	228
2024	237	179
2034	265	151

توقع نموذج CA-ماركوف، إن استخدامات الأراضي الحضرية سيرتفع من 45 كم مربع عام 1986 إلى 265 كم مربع عام 2034، في حين نفسه ستتناقص استخدامات الأراضي غير الحضرية من 372 كم مربع عام 1986 إلى 151 كم مربع عام 2034. مما يؤثر على النظام البيئي و استدامة استخدامات الأراضي بمنطقة الدراسة. الشكل 5. عموما و الجدير بالذكر، إن نموذج ماركوف يظل قادرا على التنبؤ باتجاهات أنماط النمو الحضري في المستقبل اعتمادا على خرائط استخدامات الأراضي فقط - أي ببيانات محدودة و نتائج مؤثرة- و مع ذلك يتاثر النمو الحضري أيضا من قبل العديد من القوى الدافعة مثل: القوى الفيزيائية (الانحدار، الارتفاع، و ما إلى ذلك)، و القوى الاجتماعية و الاقتصادية (النمو السكاني، دخل الأسرة، و ما إلى ذلك)، و قضايا البنية التحتية (الطرق، شبكات السكك الحديدية، و ما إلى ذلك). وفقا لذلك القوى الدافعة و عواملها يمكن أن تستخدم للتنبؤ بمستقبل النمو الحضري، هي و خرائط استخدامات الأراضي على حد سواء، بدلا من الاعتماد على خرائط استخدامات الأراضي فقط. لذلك، من الممكن تضمين القوى الدافعة ضمن بيئة نموذج ماركوف و هذا من شأنها تعزيز قدرة النموذج للمحاكاة و التنبؤ.

الجدول3. كمية المساحات الحضرية و غير الحضرية السابقة و المتوقعة بالكيلومتر مربع

الجدول 3. قيم معدل التغير السنوي للمساحات الحضرية و غير الحضرية (كم<sup>2</sup>).

	المساحة الحضرية	المساحة غير الحضرية
(1986-2004)	+4.7	-0.57
(2004-2014)	+20.48	-3.58
(2014-2024)	+2.53	-2.15
(2024-2034)	+1.18	-1.56

#### 4.4. الخلاصة

باستخدام خرائط متعددة لاستخدامات الأراضي و باستخدام نموذج CA-ماركوف هو نموذج مزيج بين نموذج CA و سلسلة ماركوف. تم محاكاة و التنبؤ بأنماط النمو الحضري لمدينة بنغازي للعامين 2024 و 2034. و قد حقق نموذج CA-ماركوف محاكاة و توقعاً ممتازين. النموذج حقق دقة مقدارها 84% للتنبؤ باستخدامات الأراضي الحضرية و غير الحضرية.

يمتاز نموذج CA-ماركوف كونه لا يحتاج الى بيانات كثيرة، حيث لا يحتاج إلا لعدد اثنين من خرائط استخدامات الأراضي أو أكثر، في فترات زمنية مختلفة، في الوقت الذي يعطي النموذج نتائج جيدة.

قد أظهر تحليل التغير في استخدامات الأراضي الحضرية، و غير الحضرية لمنطقة الدراسة أن هناك انخفاضاً مستمراً و متسارعاً للأراضي غير الحضرية حول المدينة و أنه أصبح أسوأ في المستقبل. لهذا تنصح الدراسة المخططين، و صناع القرار بحماية المناطق غير الحضرية حول مدينة بنغازي من الزحف العمراني المتزايد من أجل تحقيق تنمية حضرية مستدامة.



## المراجع

1. احمد محمد احمد جعودة (2013). الهوامش الحضرية لمدينة بنغازي. رسالة دكتوراة. قسم الجغرافية جامعة المنوفية.
2. علي الميلودي عمورة (1998) كتاب: ليبيا تطور المدن و التخطيط العمراني. دار الملتقى للطباعة والنشر-بيروت-لبنان.
3. Aithal, B. H., & Sanna, D. D. (2012). Insights to urban dynamics through landscape spatial pattern analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 18, 329-343
4. Bhatta, B. (2010). Causes and Consequences of Urban Growth and Sprawl *Analysis of Urban Growth and Sprawl from Remote Sensing Data* (pp. 17-36): Springer
5. Fujita, M. (1976). Spatial patterns of urban growth: Optimum and market. *Journal of Urban Economics*, 3(3), 209-241
6. Habibi, S., & Asadi, N. (2011). Causes, results and methods of controlling urban .sprawl. *Procedia Engineering*, 21, 133-141
7. Van, T. T. (2008) Research on the effect of urban expansion on agricultural land in . Ho Chi Minh City by using remote sensing method. *VNU Journal of Science, Earth Sciences*, 24, 104-111
8. Un, D. (2015). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision: New York: United Nations Department Economics and Social Affairs, Population Division.
9. Mohamed, A. A. (2013). *Towards more sustainable urban forms in the city of Benghazi: a study of urban fragmentation at the neighbourhood level*. University of Westminster
10. Páez, Darren M Scott. (2005). Spatial statistics for urban analysis: a review of techniques with examples. *GeoJournal*.
11. Ren, P., Gan, S., Yuan, X., Zong, H., & Xie, X. (2013). Spatial Expansion and Sprawl Quantitative Analysis of Mountain City Built-Up Area *Geo-Informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem* (pp. 166-176): Springer
13. Liu, F., Shi, L., Zhang, Z., & Zhao, X. (2015). Evaluating Urban Expansion of Beijing during 1973-2013, by Using GIS and Remote Sensing *Geo-Informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem* (pp. 635-642): Springer
14. Ramachandra, T., Bharath, H., & Sowmyashree, M. (2013). Analysis Of Spatial Patterns Of Urbanisation Using Geoinformatics And Spatial Metrics. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, 8(4), 5-24
15. Al-sharif, A. A., Pradhan, B., Shafri, H. Z. M., & Mansor, S. (2014). *Quantitative analysis of urban sprawl in Tripoli using Pearson's Chi-Square statistics and urban*



- expansion intensity index*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
16. Yang, X. (2010). Integration of Remote Sensing with GIS for Urban Growth . Characterization *Geospatial Analysis and Modelling of Urban Structure and Dynamics* (pp. 223-250): Springer
17. Shalaby, A. (2012). Assessment of Urban Sprawl Impact on the Agricultural Land in the Nile Delta of Egypt Using Remote Sensing and Digital Soil Map'. *International Journal of Environment and Sciences*, 1(4), 253-262
18. Al-sharif, A. A., Pradhan, B., Shafri, H. Z. M., & Mansor, S. (2013). Spatio-temporal analysis of urban and population growths in Tripoli using remotely sensed .data and GIS. *Indian Journal of Science and Technology*, 6(8), 5134-5142
19. Al-sharif, A. A., & Pradhan, B. (2013). Monitoring and predicting land use change in Tripoli Metropolitan City using an integrated Markov chain and cellular automata models inGIS. *Arabian Journal of Geosciences*, 1-1
20. Alsharif, A. A., & Pradhan, B. (2014). Urban sprawl analysis of Tripoli Metropolitan city (Libya) using remote sensing data and multivariate logistic .regression model. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 42(1), 149-163
21. Anderson, J. R. (1976). *A land use and land cover classification system for use ..with remote sensor data* (Vol. 964): US Government Printing Office
22. Memarian, H., Balasundram, S. K., Talib, J. B., Sung, C. T. B., Sood, A. M., & Abbaspour, K. (2012). Validation of CA-Markov for simulation of land use and cover change in the Langat Basin, Malaysia
23. Ye, B., & Bai, Z. (2007). *Simulating land use/cover changes of Nenjiang County based on CA-Markov model*. Paper presented at the International Conference .on Computer and Computing Technologies in Agriculture
24. Aburas, M. M., Ho, Y. M., Ramli, M. F., & Ash'aari, Z. H. (2016). The simulation and prediction of spatio-temporal urban growth trends using cellular automata models: A review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 52, 380.
25. Wu, F. (1998). SimLand: a prototype to simulate land conversion through the integrated GIS and CA with AHP-derived transition rules. *International Journal of Geographical Information Science*, 547 12(1), 63-82.
- 
26. Mohammad, M., Sahebgharani, A., & Malekipour, E. (2013). Urban Growth Simulation Through Cellular Automata (CA), Analytic Hierarchy Process (AHP) and GIS; Case Study of 8th and 12th Municipal Districts of Isfahan
27. Muller, M. R., & Middleton, J. (1994). A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology*, 9(2), 151-157.



- 28.Sun, H., Forsythe, W., & Waters, N. (2007). Modeling urban land use change and urban sprawl: Calgary, Alberta, Canada. *Networks and spatial economics*, 7(4), 353-376.
- 29.Coppedge, B. R., Engle, D. M., & Fuhlendorf, S. D. (2007). Markov models of land cover dynamics in a southern Great Plains grassland region. *Landscape Ecology*, 22(9), 1383-1393.
- 30.Yang, X., Zheng, X.-Q., & Lv, L.-N. (2012). A spatiotemporal model of land use change based on ant colony optimization, Markov chain and cellular automata. *Ecological Modelling*, 233, 11-19.
- 31.Wang, S., Zheng, X., &Zang, X. (2012). Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model. *Procedia Environmental Sciences*, 13, 1238-1245
- 32.Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., &Hokao, K. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*, 222(20), 3761-3772.