



## استخدام نماذج ARIMA للتنبؤ بمعدلات المواليد في مصر

إعداد

د. نادر فتحي متولي

مدرس الإحصاء

كلية التجارة - جامعة الأزهر

mu.nader.sh2010@gmail.com

د. عبد الوهاب السيد حجاج

أستاذ الإحصاء

كلية التجارة - جامعة الأزهر

wahabstat@yahoo.com

د. أحمد عبد الرحيم حسين

مدرس الإحصاء

كلية التجارة - جامعة الأزهر

ahmedegypt1985@yahoo.com

المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والتجارية

كلية التجارة - جامعة دمياط

المجلد السادس - العدد الأول - الجزء الرابع - يناير ٢٠٢٥

التوثيق المقترح وفقاً لنظام APA:

حجاج، عبد الوهاب السيد؛ متولي، نادر فتحي؛ حسين، أحمد عبد الرحيم (٢٠٢٥). استخدام نماذج ARIMA للتنبؤ بمعدلات المواليد في مصر، المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والتجارية، كلية التجارة، جامعة دمياط، (١)، ٤، ١٣١-١٦٣.

رابط المجلة: <https://cfdj.journals.ekb.eg/>

## استخدام نماذج ARIMA للتنبؤ بمعدلات المواليد في مصر

د. عبد الوهاب السيد حجاج؛ د. نادر فتحي متولي؛ د. أحمد عبد الرحيم حسين

### الملخص

تشكل الزيادة السكانية السريعة تهديداً للتنمية المستدامة، حيث يصعب على الدولة توفير التعليم الجيد، الخدمات الصحية الملائمة، والبنية التحتية الضرورية لكل الأفراد. هذا التحدي يدفع إلى ضرورة فهم العوامل المؤثرة في معدلات المواليد والتنبؤ بالاتجاهات المستقبلية لهذه المعدلات، مما يساهم في وضع استراتيجيات فعالة لإدارة النمو السكاني. ويركز هذا البحث على استخدام نماذج ARIMA للتنبؤ بمعدلات المواليد في مصر، وذلك لتحديد الاتجاهات المستقبلية لهذه المعدلات. ولتحقيق هذا الهدف تم اختيار عينة حجمها 60 مفردة حيث تمتد السلسلة الزمنية من عام ١٩٦٠ حتى ٢٠١٩. يسعى الباحث لتقديم رؤى تساعد في وضع استراتيجيات للتعامل مع التحديات السكانية في مصر. تشمل منهجية البحث تحليل البيانات، توصيف النموذج، اختبار ملاءمة النموذج، والتنبؤ بالقيم المستقبلية. ومن خلال الدراسة التطبيقية اتضح أن النموذج الملائم والكفؤ لتمثيل بيانات السلسلة الزمنية هو نموذج  $ARIMA(4,1,5)$  بأقل متوسط مربعات أخطاء (MSE) بعد المقارنة بين عدد من نماذج ARIMA عند الفروق الأولى. وباستخدام نموذج التنبؤ المقدر تم التنبؤ بمعدلات المواليد في جمهورية مصر العربية خلال الفترة من (2020) حتى (2029).

**الكلمات المفتاحية:** نماذج ARIMA، معدلات المواليد، التنبؤ، السلاسل الزمنية، ونماذج بوكس وجينكنز.

## ١ - مقدمة البحث :

تعد معدلات المواليد من المؤشرات الديمجرافية الهامة التي تعكس العديد من الجوانب الاجتماعية والاقتصادية في أي مجتمع فهي ترتبط بشكل مباشر بالنمو السكاني، والذي يعتبر أحد التحديات الرئيسية التي تواجه مصر، نظرًا لتأثيراته العميقة على الاقتصاد، التعليم، الصحة، والإسكان.

فارتفاع معدلات المواليد قد يزيد من الضغط على الموارد والخدمات العامة، في حين أن انخفاضها قد يؤدي إلى تأثيرات سلبية على التركيبة العمرية للسكان والقدرة الإنتاجية للمجتمع على المدى الطويل. (الغنام، ٢٠٠٣)

ففي ظل التغيرات الاجتماعية والاقتصادية التي شهدتها مصر خلال العقود الأخيرة، مثل التحول نحو التحضر وزيادة الوعي بالصحة الإنجابية، برزت الحاجة إلى تحليل دقيق لمعدلات المواليد بهدف فهم الأنماط والاتجاهات المستقبلية. وهنا تأتي أهمية استخدام نماذج السلاسل الزمنية، وبالأخص نموذج ARIMA، كأداة تحليلية قوية لتحديد الاتجاهات والتنبؤ بالتحويلات المحتملة في معدلات المواليد.

ويعتبر نموذج ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) هو أحد النماذج الإحصائية الشائعة في تحليل السلاسل الزمنية، ويُستخدم للتنبؤ بالقيم المستقبلية بناءً على البيانات التاريخية ويتميز هذا النموذج بقدرته على التعامل مع البيانات غير المستقرة عن طريق تحويلها إلى سلسلة مستقرة، مما يجعله مناسبًا للتعامل مع معدلات المواليد التي قد تتأثر بالعديد من العوامل المتغيرة بمرور الوقت. (Box & Jenkins, 1976)

وفي هذا البحث نسعى إلى تطبيق نموذج ARIMA لتحليل معدلات المواليد في مصر على مدى السنوات الماضية، والتنبؤ بالاتجاهات المستقبلية لهذه المعدلات ومن خلال ذلك نهدف إلى توفير رؤى تساعد في وضع استراتيجيات فعّالة للتعامل مع التحديات المرتبطة بالنمو السكاني في مصر، وبالتالي دعم صناعات القرار في اتخاذ قرارات مدروسة بناءً على تحليل علمي دقيق. (Makridakis et al., 1983)

سيتناول هذا البحث الدراسات السابقة المتعلقة بمعدلات المواليد والنماذج الزمنية، بالإضافة إلى تحليل البيانات التاريخية لمعدلات المواليد في مصر باستخدام نموذج ARIMA. كما سيتم عرض النتائج والتنبؤات المستقبلية، ومناقشة مدى دقة النموذج وتقديم توصيات قائمة على النتائج المستخلصة، وباستخدام هذا النموذج، نأمل في تقديم مساهمة علمية تساعد في توضيح الاتجاهات المستقبلية لمعدلات المواليد في مصر، ودعم جهود التنمية المستدامة في البلاد.

## ٢- مشكلة البحث :

### • مشكلة البحث من الناحية السكانية:

يعتبر النمو السكاني في مصر من التحديات الكبيرة التي تؤثر على العديد من القطاعات الحيوية مثل التعليم، الصحة، والإسكان. يعد الارتفاع السريع في معدلات المواليد من أبرز العوامل التي تسهم في هذا النمو السكاني. على الرغم من الجهود المبذولة لتنظيم الأسرة وزيادة الوعي بالصحة الإنجابية، لا تزال مصر تعاني من معدلات مواليد مرتفعة نسبياً، مما يزيد من الضغط على الموارد الطبيعية والخدمات الحكومية. (عطية، ٢٠٠٠)

فالزيادة السكانية السريعة تشكل تهديداً للتنمية المستدامة، حيث يصعب على الدولة توفير التعليم الجيد، الخدمات الصحية الملائمة، والبنية التحتية الضرورية لكل الأفراد. هذا التحدي يدفع إلى ضرورة فهم العوامل المؤثرة في معدلات المواليد والتنبؤ بالاتجاهات المستقبلية لهذه المعدلات، مما يسهم في وضع استراتيجيات فعالة لإدارة النمو السكاني.

### • مشكلة البحث من الناحية الإحصائية:

من الناحية الإحصائية، تكمن المشكلة في صعوبة تحليل وتفسير الأنماط الزمنية لمعدلات المواليد في مصر، نظراً للتغيرات الاجتماعية والاقتصادية والسياسية المستمرة. البيانات الزمنية لمعدلات المواليد قد تكون غير مستقرة، مما يجعل من الصعب استخدام النماذج الإحصائية التقليدية في التنبؤ بهذه المعدلات، وهنا تأتي أهمية نموذج ARIMA، وهو نموذج زمني قادر على التعامل مع البيانات غير المستقرة وتحويلها إلى سلسلة مستقرة يمكن التنبؤ بها بدقة. تكمن المشكلة في اختيار النموذج الأنسب لمعدلات المواليد في مصر، تحديد معاملات النموذج، والتحقق من ملاءمته للبيانات المتاحة.

بالإضافة إلى ذلك فإن تحليل نتائج النموذج يحتاج إلى دقة وتقييم شامل لضمان أن التنبؤات المستخلصة تعكس الواقع بشكل صحيح. والتحدي هنا ليس فقط في بناء النموذج بل أيضاً في تقييم دقته وتقديم توصيات مبنية على استنتاجات إحصائية سليمة تساعد في فهم وتحليل الاتجاهات المستقبلية لمعدلات المواليد. (سمير شعراوي، ٢٠٠٥)

### ٣- أهمية البحث:

يكتسب هذا البحث أهمية كبيرة من عدة جوانب، سواء على المستوى العملي أو الأكاديمي، وذلك لعدة أسباب:

#### • الأهمية السكانية:

**التأثير على السياسات العامة:** يساعد هذا البحث في تقديم رؤى قائمة على التحليل العلمي لمعدلات المواليد في مصر، مما يسهم في صياغة سياسات سكانية فعالة. من خلال التنبؤ بالاتجاهات المستقبلية لمعدلات المواليد، يمكن لصناع القرار تطوير استراتيجيات ملائمة لإدارة النمو السكاني وتحسين جودة الحياة للسكان.

**تحقيق التنمية المستدامة:** يسهم البحث في تحديد العوامل المؤثرة على معدلات المواليد، مما يدعم جهود الحكومة والمنظمات المعنية بالتنمية المستدامة في مصر. من خلال فهم العلاقة بين معدلات المواليد والموارد المتاحة، يمكن تحسين توزيع الموارد والخدمات بشكل يتناسب مع الاحتياجات المستقبلية.

#### • الأهمية الإحصائية:

**تطوير النماذج التنبؤية:** يساهم البحث في تعزيز الفهم والاستخدام العملي لنماذج ARIMA في تحليل السلاسل الزمنية الديموغرافية. من خلال تطبيق هذا النموذج على معدلات المواليد في مصر، يمكن تحسين أساليب التنبؤ بالمستقبلية وتقديم أدوات دقيقة لصناع القرار.

**إثراء المعرفة العلمية:** يضيف البحث إلى الأدبيات الأكاديمية في مجال الإحصاء والتحليل السكاني من خلال تقديم تطبيق عملي لنموذج ARIMA على بيانات حقيقية. يمكن أن يكون البحث مرجعاً للدراسات المستقبلية التي تتناول استخدام النماذج الزمنية في تحليل السلاسل الديموغرافية أو غيرها من المجالات. (الغنام، ٢٠٠٣)

• الأهمية الاجتماعية:

رفع الوعي الصحي والإنجابي: يساعد البحث في تقديم توصيات مبنية على تحليل علمي لمعدلات المواليد، مما يعزز من جهود التوعية بالصحة الإنجابية وأهمية تنظيم الأسرة. هذه الجهود يمكن أن تساهم في تحقيق التوازن بين معدلات المواليد والموارد المتاحة، مما يحقق فوائد طويلة الأمد للمجتمع. (حشمان، ١٩٩٨)

وبشكل عام، تكمن أهمية هذا البحث في كونه أداة تساعد على توجيه السياسات السكانية وتحقيق التنمية المستدامة في مصر، مما يعزز من قدرة المجتمع على مواجهة التحديات السكانية المستقبلية وتحقيق التوازن بين النمو السكاني وجودة الحياة. (عطية، ٢٠٠٠)

٤- مجال البحث وحدوده :

(1-4) مجال البحث:

• النطاق الزمني: يركز البحث على دراسة وتحليل معدلات المواليد في مصر خلال الفترة الممتدة من عام ١٩٦٠ إلى عام ٢٠١٩. هذه الفترة تشمل أكثر من نصف قرن من التغيرات الديموغرافية والاجتماعية والاقتصادية، مما يسمح بتحليل شامل للتوجهات طويلة المدى. (عطية، ٢٠٠٠)

• النطاق الجغرافي: يقتصر البحث على جمهورية مصر العربية. سيتم تحليل بيانات المواليد على مستوى الدولة ككل، دون التركيز على تقسيمات جغرافية داخلية مثل المحافظات أو المناطق الريفية والحضرية. (الغنام، ٢٠٠٣)

• النطاق الإحصائي: يعتمد البحث على استخدام نموذج ARIMA لتحليل السلاسل الزمنية لمعدلات المواليد في مصر. سيتم التركيز على اختيار النموذج الأنسب لتحليل البيانات المتاحة، بما يشمل تحديد معاملات النموذج (p, d, q) والتحقق من دقته. (سمير شعراوي، ٢٠٠٥)

#### (2-4) حدود البحث:

- **حدود البيانات:** يقتصر البحث على البيانات المتاحة عن أعداد المواليد من عام ١٩٦٠ إلى ٢٠١٩. قد تواجه البيانات بعض القيود مثل التباينات في جودة البيانات على مر العقود أو التغيرات في طرق جمع البيانات. هذه العوامل قد تؤثر على دقة التحليل، وسيتم أخذها في الاعتبار أثناء تفسير النتائج. (حشمان، ١٩٩٨)
- **حدود النموذج الإحصائي:** على الرغم من فعالية نموذج ARIMA في تحليل السلاسل الزمنية، إلا أنه يعتمد على بعض الافتراضات، مثل الاستقرار النسبي للسلسلة الزمنية بعد التفاضل. قد تواجه النتائج قيوداً إذا كانت البيانات تحتوي على تغييرات هيكلية كبيرة أو عوامل خارجية غير مدمجة في النموذج. (فاندل، ١٩٩٢)
- **عدم تضمين المتغيرات الخارجية:** يركز البحث بشكل أساسي على تحليل السلسلة الزمنية لمعدلات المواليد دون إدخال متغيرات خارجية أخرى (مثل السياسات السكانية، الأزمات الاقتصادية، أو التغيرات الاجتماعية الكبرى) بشكل مباشر في النموذج. قد يؤثر ذلك على تفسير النتائج، حيث لا يتم تحليل تأثير هذه العوامل بشكل منفصل.
- **التركيز على التنبؤ:** يهتم البحث بشكل أساسي بتحليل الاتجاهات التاريخية والتنبؤ بالمستقبل. لذا، فإن البحث قد لا يتناول بالتفصيل الأسباب الجذرية للاتجاهات المرصودة، بل سيركز على تقديم تنبؤات دقيقة بناءً على البيانات المتاحة.

**أهمية هذه الحدود:** هذه الحدود تساعد في توجيه البحث نحو هدفه الرئيسي، وهو استخدام نموذج ARIMA لتحليل وتنبؤ معدلات المواليد في مصر. من خلال تحديد هذه الحدود بوضوح، يمكن للبحث أن يكون مركزاً ومحددًا في نتائجه وتوصياته، مع الاعتراف بالقيود التي قد تؤثر على النتائج.

## ٥- منهجية البحث والأدوات المستعملة:

يتبع البحث منهجية تحليلية تعتمد على البيانات التاريخية لمعدلات المواليد في مصر خلال الفترة من ١٩٦٠ إلى ٢٠١٩. المنهجية تشمل عدة خطوات تحليلية تتدرج من جمع البيانات إلى تطبيق النماذج الإحصائية والتنبؤ بالاتجاهات المستقبلية، فهو مزيج بين المنهج الوصفي التحليلي في الجانب النظري، ومنهج دراسة الحالة في الجانب التطبيقي، ولذلك فقد تم تقسيم البحث إلى جانبين أحدهما نظري وهو الذي تم فيه التطرق استخدام نموذج ARIMA لتحليل السلسلة الزمنية. يشمل ذلك تحديد معاملات النموذج (p, d, q) باستخدام أدوات مثل الرسم البياني للارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الجزئي (PACF) ومرحلة بناء النموذج وطرق التقدير والتنبؤ. أما الجانب التطبيقي فقد تم فيه إجراء دراسة تطبيقية (دراسة حالة) على بيانات واقعية تمثل معدلات المواليد، وتضمن الجزء الأخير على أهم الاستنتاجات والتوصيات والملاحق والمصادر، أما الأدوات المستخدمة فهي البرنامج الإحصائي Minitab (Wei, 1990).

## ٦- الدراسات السابقة :

تناولت العديد من الأبحاث موضوع التنبؤ بمعدلات المواليد باستخدام أساليب إحصائية مختلفة، ولكن القليل منها ركزت على استخدام السلاسل الزمنية داخل جمهورية مصر العربية وسوف يتم عرض بعض الدراسات السابقة :

- دراسة (Saboia, 1977) بعنوان التنبؤ بمعدلات المواليد باستخدام نماذج السلاسل الزمنية في أستراليا: حيث طبق نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بمعدلات المواليد في أستراليا، مستخدماً نماذج ARIMA.
- دراسة (McDonald, 1979) بعنوان استخدام نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بمعدلات المواليد في أستراليا: قام بإجراء دراسة باستخدام نماذج ARIMA للتنبؤ بمعدلات المواليد في أستراليا.
- دراسة (Gandon, 1980) بعنوان التنبؤ بمعدلات المواليد في السلاسل الزمنية في لندن: استخدم Gandon نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بمعدل المواليد في لندن.

- دراسة (Land, 1986) **نمذجة السلاسل الزمنية الديموجرافية:** ركزت أبحاث Land على نمذجة الاتجاهات الديموجرافية، وخاصة معدلات المواليد، باستخدام السلاسل الزمنية. وأكدت الدراسة على التنبؤ بالتغيرات الديموجرافية.
- دراسة (De Beer, 1988) بعنوان **التنميع الآسي ونماذج ARIMA للتنبؤ بمعدلات الولادة:** قارن De-Beer التمهيد الآسي بنماذج ARIMA للتنبؤ بمعدلات الولادة، وتحليل نقاط القوة والضعف في كل طريقة.
- دراسة (Carter, 1996) بعنوان **مقارنة نماذج التنبؤ بمعدلات المواليد في الولايات المتحدة:** قارنت دراسة Carter بين نماذج التنبؤ المختلفة، مع التركيز على قدرتها على التنبؤ بمعدلات المواليد في الولايات المتحدة، وأكدت على دقة النموذج.
- دراسة (Jose, 1998) بعنوان **التنبؤ بالسلاسل الزمنية لمعدلات المواليد في البرازيل:** طبق Jose نماذج ARIMA للتنبؤ بمعدلات المواليد في البرازيل، باستخدام البيانات الديموجرافية.
- دراسة (Bravo, 2013) بعنوان **التنبؤ بمعدلات المواليد والوفيات في إيطاليا باستخدام نموذج ARIMA:** استخدمت نماذج ARIMA للتنبؤ بمعدلات المواليد والوفيات في إيطاليا، مما يوفر رؤى حول السكان والسياسة العامة.
- دراسة (Onwuka, 2013) بعنوان **استخدام السلاسل الزمنية في دراسة معدلات المواليد في شمال غرب نيجيريا:** تركزت دراسة أونوكا على استخدام تحليل السلاسل الزمنية للتنبؤ بمعدلات المواليد في شمال غرب نيجيريا. من خلال تطبيق نماذج إحصائية مختلفة.
- دراسة (مصباح, ٢٠١٣) بعنوان **التنبؤ بمعدلات المواليد في عطبرة، السودان:** استخدم نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بمعدلات المواليد في عطبرة بالسودان، مما ساهم في التخطيط الديموجرافي والسياسة السكانية.

- دراسة (Essuman, 2017) بعنوان استخدام السلاسل الزمنية للتنبؤ بالولادة في غانا: طبق Essuman طرق Box-Jenkins للتنبؤ بمعدلات المواليد في غانا، مما قدم تنبؤات للاتجاهات الديموجرافية المستقبلية.
- دراسة (Bravo, 2019) بعنوان مقارنة بين نماذج السلاسل الزمنية الخطية وغير الخطية للتنبؤ بمعدلات المواليد: يقارن البحث فعالية نماذج السلاسل الزمنية الخطية وغير الخطية في التنبؤ بمعدلات المواليد. وتوصلت الدراسة إلى أن النماذج غير الخطية توفر دقة أفضل لأنماط معدل المواليد المعقدة.
- دراسة (Asiedu, 2020) بعنوان تحليل السلاسل الزمنية لمعدل المواليد الشهري في غانا: يحلل هذا البحث معدلات المواليد الشهرية في غانا باستخدام نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بالاتجاهات المستقبلية. تركز الدراسة على تطوير توقعات دقيقة من خلال استخدام ARIMA والنماذج الإحصائية الأخرى، مما يساهم في تخطيط السياسات في التحكم في السكان.
- دراسة (أبو الفتوح، ٢٠٢١) بعنوان نموذج قياسي للتنبؤ بنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في مصر باستخدام منهجية الانحدار الذاتي المتكامل للأوساط المتحركة ARIMA: تطبق هذه الدراسة باستخدام نماذج ARIMA للتنبؤ بنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في مصر.
- دراسة (Smith & Johnson, 2021) بعنوان طرق كمية وذكية للتنبؤات الاقتصادية سلسلة زمنية لمعدل المواليد (Ntl): تقدم دراسة سميث وجونسون تقنيات كمية متقدمة وطرق الذكاء الاصطناعي، مع التركيز على اتجاهات معدل المواليد على المستوى الوطني. ويؤكد نموذجهم على دمج تحليل السلاسل الزمنية مع التعلم الآلي لتحسين التنبؤات بمعدل المواليد.

- دراسة (Brown & Davis, 2021) بعنوان العوامل التي تتنبأ بمعدل المواليد في الولايات المتحدة: يستكشف كلا من براون وديفيس العديد من العوامل الاجتماعية والاقتصادية والبيئية التي تؤثر على معدلات المواليد في الولايات المتحدة. تجمع الدراسة بين تحليل الانحدار وطرق السلاسل الزمنية للتنبؤ بالاتجاهات المستقبلية، مع تسليط الضوء على تأثيرات الرعاية الصحية والعوامل الاجتماعية والاقتصادية.
- دراسة (أحمد , ٢٠٢١) بعنوان استخدام منهجية بوكس جينكز لبناء نموذج قياسي للتنبؤ بعدد المواطنين السوريين: حيث تقوم الدراسة على دمج بين نماذج الانحدار الذاتي AR والمتوسطات المتحركة MA والتنبؤ بعدد المواطنين السوريين والتوصل الى افضل نموذج من نماذج أريما.
- دراسة (MacDonald, 2022) بعنوان التنبؤ بمعدلات المواليد المستقبلية باستخدام خوارزمية التعلم الآلي التكيفي: تجربة تنبؤ لاسكتلندا : يستخدم بحث ماك دونالد خوارزميات التعلم الآلي للتنبؤ بمعدلات المواليد المستقبلية في اسكتلندا. من خلال استخدام تقنيات التعلم التكيفي، تعمل الدراسة على تحسين دقة التنبؤات وتساعد في فهم اتجاهات النمو السكاني.
- دراسة (حجاج & عبدالقادر ٢٠٢٢) بعنوان التنبؤ بمعدلات المواليد في مصر باستخدام الذكاء الاصطناعي والانحدار الحصين: يقدم بحث حجاج و عبد القادر نهجًا جديدًا باستخدام الذكاء الاصطناعي والانحدار الحصين للتنبؤ بمعدلات المواليد في مصر مع استبعاد عنصر الزمن.
- دراسة (فيفيان، ٢٠٢٢) بعنوان مدخل للتنبؤ ببعض المتغيرات الاقتصادية ذات الصلة بصافي وضع الاستثمار الدولي كمؤشر لإمكانية تعرض مصر للالتزامات الخارجية باستخدام ARIMA: يستكشف بحث فيفيان كيف يمكن استخدام نماذج ARIMA للتنبؤ بالتغيرات الاقتصادية، وخاصة فيما يتعلق بمواقف بصافي وضع الاستثمار الدولي.

- دراسة (عبد الكريم، ٢٠٢٣) بعنوان التركيبة السكانية لدولة الكويت خلال الفترة ١٩٦٥-٢٠١١ والتوقعات المستقبلية ٢٠٣٠: تقدم أبحاث عبد الكريم تحليلاً متعمقاً للتركيبة السكانية لمجتمع الكويت من عام ١٩٦٥ إلى عام ٢٠٢١ وتستخدم نماذج ARIMA للتنبؤ بالتغيرات الديموجرافية حتى عام ٢٠٣٠.
- دراسة (نصار وأبو زيد، ٢٠٢٣) بعنوان التنبؤ بالسلاسل الزمنية باستخدام النموذج الهجين ARIMA-SVR بالإعتماد على التحويل الموجي المنفصل: يستخدم نصار وأبو زيد نماذج ARIMA الهجينة للتنبؤ بأسعار الذهب العالمية.

#### ٧- الجانب النظري :

لقد قدم بوكس - جينكنز اسلوب من أهم الأساليب التي تناولت تحليل السلاسل الزمنية والتنبؤ بالقيم المستقبلية للظواهر المختلفة، ويضم هذا الاسلوب عائلة خاصة وفريدة من النماذج العشوائية ، والتي تعرف في أدبيات السلاسل الزمنية بنماذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك التكاملية Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) وتتضمن هذه النماذج حالات خاصة كثيرة منها نموذج الانحدار الذاتي، ونموذج المتوسطات المتحركة المختلط (ARMA) لذلك فانه في هذا الجزء من البحث سنتناول دراسة نماذج السلاسل الزمنية ومرآتها (Box & Jenkins, 1976)

#### (1-7) السلسلة الزمنية

يعد تعريف (Box & Jenkins) هو أهم التعريفات التي قدمها الاحصائيين حيث يعرف السلسلة الزمنية على أنها " مجموعة من المشاهدات المتتابعة زمنياً ، فإذا كانت المشاهدات مأخوذة عند فترات زمنية متساوية سبق تحديدها سميت بالسلاسل الزمنية المتقطعة Discrete Time Series ، أما إذا كانت المشاهدات تتولد عند جميع النقاط في فترة زمنية معينة سميت بالسلاسل الزمنية المتصلة (Continuous Time Series) ، ويرى كل من (Box & Jenkins) أنه يمكن الحصول على سلاسل زمنية متقطعة من السلاسل الزمنية المستمرة وذلك بأخذ القراءات عند فترات زمنية متساوية وقد

سميت باسم المتسلسلات الفورية ( Instantaneously Series ) كما يمكن تجميع أو تراكم المشاهدات لفترة زمنية محددة وتسمى في هذه الحالة بالسلاسل الزمنية التراكمية ( Accumulated Series ).

وفيما يلي بعض المعايير الإحصائية التي تستخدم في وصف نوعية السلسلة الزمنية وتسهيل نمذجتها :

### (٧-٢) نموذج Box-Jenkins لتحليل السلاسل الزمنية :

يعتبر أسلوب (Box-Jenkins) من أكثر الأساليب المستخدمة لتحليل السلاسل الزمنية ، وعندما نتعرض لنموذج (Box-Jenkins) فإننا نتحدث عن عائلة من النماذج يطلق عليها نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة التكاملية ، وتلك النماذج يمكن أن تقسم في ثلاث تصنيفات أساسية هي :

#### ( أ ) نماذج الانحدار الذاتي (AR) :

نماذج الانحدار الذاتي (Autoregressive Models - AR) هي نوع من نماذج السلاسل الزمنية التي تعتمد على فكرة أن القيم السابقة للسلسلة الزمنية يمكن استخدامها للتنبؤ بالقيمة الحالية. بعبارة أخرى، يتم تمثيل القيمة الحالية للسلسلة الزمنية كدالة خطية للقيم السابقة. فهو نموذج يعتمد على الفرضية التي تقول أن هناك علاقة بين القيم الحالية للسلسلة الزمنية والقيم السابقة. ويتم تمثيل نموذج الانحدار الذاتي من الرتبة p (أي نموذج AR من الرتبة p) بالإضافة إلى الخطأ العشوائي الذي يمكن أن يرمز له بالرمز  $(a_t)$  بالمعادلة الآتية:

$$Y_t = \xi + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t \dots (1)$$

$$\text{or } Y_t = \xi + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + a_t$$

حيث أن :

$(Y_t)$  : تمثل المشاهدات الحالية المستقرة للسلسلة الزمنية عند الزمن  $t$ .

$(\xi)$  : تمثل كمية ثابتة حيث أن :

د. عبد الوهاب السيد حجاج؛ د. نادر فتحي متولي؛ د. أحمد عبد الرحيم حسين

$$\xi = \mu ( 1 - \phi_1 - \phi_2 \dots - \phi_P )$$

$(\phi_i)$ : معاملات الانحدار الذاتي. حيث  $i = 1, 2, \dots, P$

$(a_t)$ : متغير عشوائي يتبع التوزيع الطبيعي بمتوسط صفر وتباين ثابت.

$(P)$ : تمثل رتبة النموذج model order

(ب) نماذج المتوسطات المتحركة (MA):

في نماذج المتوسطات المتحركة (MA - Moving Average)، يتم التعبير عن القيمة الحالية للسلسلة الزمنية كدالة خطية تعتمد على الخطأ العشوائي الحالي والأخطاء العشوائية السابقة ويرمز له بالرمز (q) MA حيث (q) هي رتبة النموذج. أي عدد الأخطاء السابقة المستخدمة في النموذج.

والصيغة العامة لنموذج المتوسطات المتحركة من الرتبة q هي:

$$Y_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \dots (2)$$

$$\text{or } Y_t = a_t - \sum_{j=1}^q \theta_j a_{t-j}$$

حيث أن:

$(Y_t)$ : تمثل المشاهدات الحالية للسلسلة الزمنية عند الزمن t.

$(\theta_j)$ : تمثل معاملات نموذج المتوسطات المتحركة.

$(a_i)$ : يمثل متغير عشوائي يتبع التوزيع الطبيعي بمتوسط صفر وتباين ثابت.

(q): تمثل رتبة نموذج المتوسطات المتحركة

من خلال نموذج المتوسطات المتحركة  $MA(q)$  يمكن التنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة الزمنية بناءً على تحليل تأثير الأخطاء العشوائية السابقة. (فاندل،

(١٩٩٢)

### ( ج ) نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة المختلطة ) (ARMA)

حيث يجمع هذا النموذج بين خصائص كل من نماذج الانحدار الذاتي (AR) ونماذج المتوسطات المتحركة (MA) بهدف الاستفادة من مزايا كلا النموذجين في معالجة السلاسل الزمنية، حيث يستخدم نموذج AR لتوضيح الاعتماد الذاتي في البيانات، ويستخدم نموذج MA للتعامل مع الأخطاء العشوائية السابقة لهذا السبب، يُطلق عليه النموذج المختلط للوسط الحسابي والانحدار الذاتي.

والصيغة العامة لنموذج (ARMA) هي كما يلي :

$$Y_t = \xi + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + a_t - \sum_{j=1}^q \theta_j a_{t-j} \dots (3)$$

حيث أن :

( $Y_t$ ) : تمثل القيمة الحالية للسلسلة الزمنية عند الزمن  $t$ .

( $\xi$ ) : تمثل إلى كمية ثابتة.

( $\phi_i$ ) : تمثل معاملات الانحدار الذاتي.

( $\theta_j$ ) : تمثل معاملات نموذج المتوسطات المتحركة.

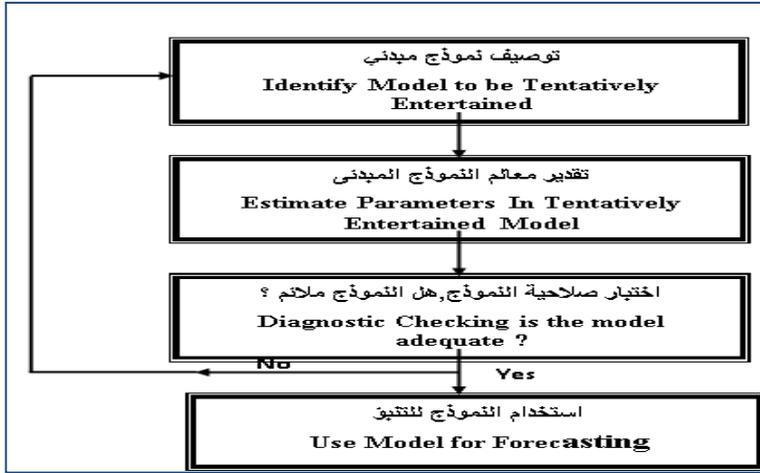
( $a_t$ ) : يمثل متغير عشوائي يتبع التوزيع الطبيعي.

ويمكن توسيع نماذج (ARMA) (Autoregressive Integrated Moving Average) بإضافة عنصر الفروق  $d$  ليتيح هذا العنصر تحويل السلسلة الزمنية غير المستقرة إلى سلسلة مستقرة من خلال أخذ الفروق بين القيم المتتالية. على سبيل المثال، أخذ الفروق الأولى  $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$  او الفروق الثانية  $\Delta^2 Y_t = Y_t - Y_{t-2}$ .

### (٣-٧) مراحل بناء النموذج Stages of building model

منهجية Box & Jenkins هي إطار عمل نظامي لتحليل السلاسل الزمنية باستخدام نماذج ARIMA يتم تطبيق هذه المنهجية لتحديد النموذج الأمثل لتمثيل السلسلة الزمنية المدروسة والتي تمر عملية بناء النموذج بأربعة مراحل هي (Box & Jenkins, 1976).

والشكل التالي يعبر عن الخطوات الأساسية لمراحل تحليل السلاسل الزمنية.



شكل (١) يوضح المراحل الأربعة لتحليل السلاسل الزمنية

#### المرحلة الأولى: توصيف النموذج (Model Identification)

في هذه المرحلة يتم التحقق من استقرار السلسلة الزمنية إذا كانت السلسلة غير مستقرة، ويتم تحويلها إلى سلسلة مستقرة. بعد تحقيق الاستقرار، يتم استخدام الدالتي الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) لتحديد قيم معاملات النموذج  $p$  و  $q$  (درجة الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة) تعتمد هذه المرحلة على تحليل الرسوم البيانية لـ ACF و PACF لتحديد النموذج الملائم. ويوضح ذلك في جدول (١) (الخضير، ١٩٩٦).

الجدول رقم (١) طبيعة النموذج وفقاً لمنحنى الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي

<i>ACF</i>	<i>PACF</i>	
موجة عند المتباطئة واحد	تناقص سواء ظل او اسي	<i>MA (1)</i>
تناقص سواء جيب او اسي	موجة عند المتباطئة واحد	<i>AR (1)</i>
موجة عند المتباطئة واحد يتبعها تناقص سواء ظل او اسي	موجة عند المتباطئة واحد يتبعها تناقص سواء ظل او اسي	<i>ARMA (1,1)</i>
موجة عند المتباطئتين واحد واثنين يتبعها تناقص سواء ظل او اسي	موجة عند المتباطئة واحد يتبعها تناقص سواء ظل او اسي	<i>ARMA (1,2)</i>
موجة عند المتباطئة واحد يتبعها تناقص سواء ظل او اسي	موجة عند المتباطئتين واحد واثنين يتبعها تناقص سواء ظل او اسي	<i>ARMA (2,1)</i>
موجة عند المتباطئتين واحد واثنين يتبعها تناقص سواء ظل او اسي	موجة عند المتباطئتين واحد واثنين يتبعها تناقص سواء ظل او اسي	<i>ARMA (2,2)</i>

المرحلة الثانية: تقدير معلمات النموذج (Estimation of Model Parameters)

بعد تحديد النموذج الملائم يتم تقدير معالمه باستخدام إحدى طرائق التقدير التامة أو التقريبية والتي تختلف بحسب النموذج المستخدم وهي:

أ- طريقة الإمكان الأعظم التامة (الدقيقة):

Exact Maximum Likelihood Method (EML)

ب- طريقة المربعات الصغرى غير الخطية:

Non-Linear Least Square Method (NLS)

### المرحلة الثالثة: فحص ملائمة النموذج (Diagnostic Checking of the Model)

في هذه المرحلة يتم تقييم ملائمة و صلاحية النموذج لتمثيل بيانات السلسلة الزمنية وتوجد لذلك عدة طرق (Wegman, 2000: 443) فالهدف من هذه المرحلة هو التأكد من أن النموذج قد تم بناؤه بشكل صحيح وأنه قادر على تمثيل البيانات بشكل دقيق. يمكن تقسيم عملية فحص الملاءمة إلى جزئين رئيسيين:

#### ١) اختبار معنوية المعاملات:

- يجب أن تكون معاملات النموذج ذات دلالة إحصائية، أي أنها تختلف عن الصفر بشكل معنوي. لاختبار ذلك، يُستخدم اختبار student (t- test) إذا كانت إحدى رتب نموذج الانحدار الذاتي (AR) أو المتوسطات المتحركة (MA) غير معنوية، يجب إعادة النظر في النموذج واستبعاد تلك الرتبة.

#### ٢) تحليل البواقي: (Residual Analysis)

- اختبار حدي الثقة: (Confidence Interval Checking) يتم فحص البواقي من خلال تحليل الارتباط الذاتي للأخطاء يجب أن تقع قيمة الارتباط الذاتي للبواقي عند الإزاحة الموسمية بين حدي الثقة  $(\mu \pm 1.96 / \sqrt{n})$  باحتمال (0.95). وحيث أن

$$Z_t = \frac{t_s(a) - 0}{\frac{1}{\sqrt{n}}}$$

فإن :

$$\Pr \left\{ -1.96 \left( \frac{1}{\sqrt{n}} \right) < r_s(a) \leq +1.96 \left( \frac{1}{\sqrt{n}} \right) \right\} = 0.95$$

(4)

فإذا تحققت هذه الشروط، فإن ذلك يعني أن الأخطاء موزعة بشكل عشوائي، مما يشير إلى كفاءة النموذج وملاءمته للتنبؤ بمعنى آخر، يجب أن تكون البواقي مستقلة وموزعة طبيعيًا بمتوسط حسابي يساوي صفر وتباين ثابت قدره  $\left(\frac{1}{n}\right)$  أي أن:

$$r_s(a) \sim N\left(0, \frac{1}{n}\right)$$

- اختبار Portmanteau: يُعد هذا الاختبار من بين أكثر الاختبارات شيوعًا لفحص ملاءمة النموذج ويستخدم الإحصاء Q (إحصائية Pierce & Box) لاختبار الارتباطات الذاتية للبواقي وفق الصيغة الآتية (Box & Price, 1970: 1509-1525):

$$Q = n \sum_{k=1}^L r_k^2(a) \sim \chi^2_{((L-m), \alpha)} \quad (٥)$$

فإذا كانت قيمة Q اصغر من قيمة  $\chi^2$  الجدولية نقبل فرضية العدم  $H_0$  ويستنتج أن الارتباطات الذاتية غير معنوية مما يشير إلى أن البواقي عشوائية وتتوزع بشكل مستقل مما يؤكد أن توفيق النموذج جيد وملائم. ولقد تم تعديل وتطوير هذه الصيغة من قبل Lung and Box لتأخذ الصيغة الآتية:

$$Q^* = n(n+2) \sum_{k=1}^L \frac{r_k^2(a)}{n-k} \quad (٦)$$

وهذه الإحصائية تتبع أيضا توزيع  $\chi^2_{((L-m), \alpha)}$

وإذا اجتاز النموذج هذه الاختبارات بنجاح، فإنه يُعتبر ملائمًا وفعالًا ويمكن استخدامه للتنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة الزمنية.

### المرحلة الرابعة: التنبؤ باستخدام النموذج (Forecasting)

بعد التأكد من صلاحية النموذج وملاءمته، يتم استخدامه للتنبؤ بالقيم المستقبلية للظاهرة. لضمان جودة التنبؤات، ويجب أن يكون للنموذج أقل متوسط مربعات خطأ للتنبؤ. (Minimum Mean Squares Error - MSE)

اقترح Box & Jenkins فكرة تحديث التنبؤات (Updating Forecasts) التي تعتمد على استخدام النتائج الفعلية للسنة الحالية في تحسين التوقعات للسنة التالية. يتم تنفيذ ذلك من خلال اثنين من الأساليب:

#### • أسلوب التحديث التتابعي للتنبؤ: (Sequential Updating Forecasting Method)

○ يعتمد هذا الأسلوب على إعادة تقدير معاملات النموذج وفحص مدى ملاءمته في كل مرة يتم فيها الحصول على مشاهدة جديدة. يتم بعد ذلك استخدام النموذج المُحدث للتنبؤ بالقيم المستقبلية.

#### • أسلوب التنبؤ الذاتي: (Adaptive Forecasting Method)

○ في هذا الأسلوب، يتم استخدام الفترة الجديدة  $n+1$  كنقطة بداية للتنبؤات الجديدة باستخدام القيمة الفعلية للملاحظة الجديدة ( $y_{n+1}$ ) يتم ذلك دون الحاجة إلى إعادة تقدير معاملات النموذج، مما يجعل عملية التنبؤ أكثر مرونة وسرعة.

### ٨- الجانب التطبيقي:

(٨-١) توصيف البيانات: يهتم البحث باستخدام نماذج ARIMA في التنبؤ بمعدلات المواليد داخل جمهورية مصر العربية باستخدام بيانات، حيث تمتد السلسلة الزمنية منذ عام ١٩٦٠ حتى عام ٢٠١٩.

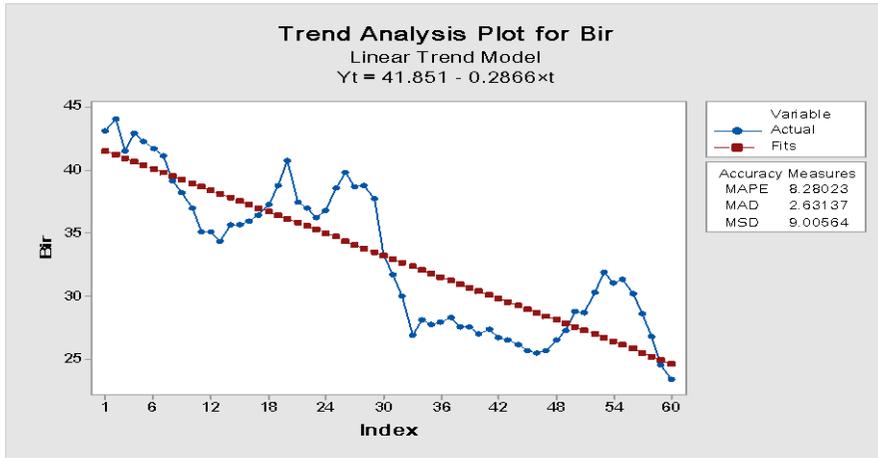
### (٨-٢) تحليل السلسلة الزمنية:

(٨-٢-١) رسم السلسلة الزمنية: قبل البدء بتحليل السلسلة الزمنية تم رسم بيانات السلسلة الزمنية للتعرف على خصائصها الأولية كما هو موضح في الشكل رقم (1) ،



شكل (1) : يمثل السلسلة الزمنية للمواليد (Births)

ويرسم الاتجاه العام للسلسلة نحصل على الشكل التالي :

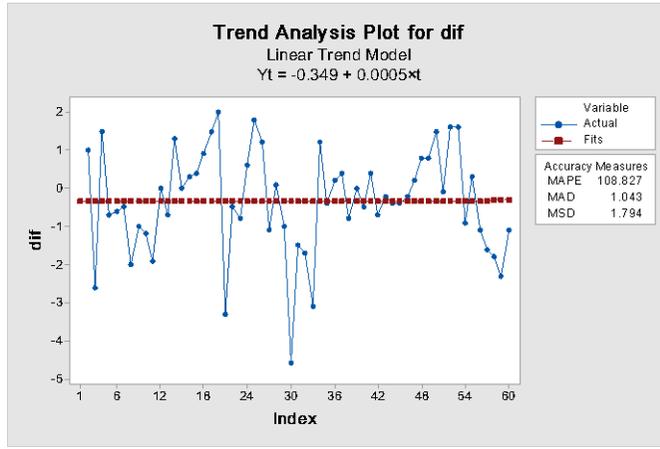


شكل (٢) : يمثل الاتجاه العام للسلسلة الزمنية للمواليد (Births)

ويلاحظ من الشكل وجود اتجاه عام متناقص مع الزمن فضلا عن وجود تذبذبات متمثلة في تقعرات وبتوات , وهذه التذبذبات تتكرر بانتظام وبنفس الوتيرة , هذه التغييرات تؤثر لنا علي وجود مركبة اتجاه عام .  
ومن الشكل نجد ان اتجاه السلسلة الي اعلى بالزيادة .

(٢-٢-٨): اختبار استقراريه السلسلة الزمنية :-

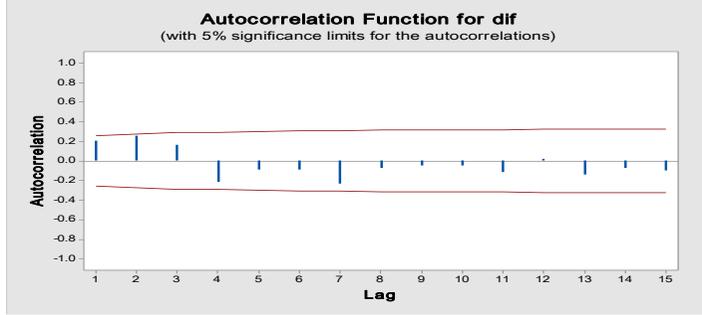
لغرض الحصول علي الاستقرارية في التباين عولجت البيانات بأخذ الفروق الأولى مرة أخرى و الشكل رقم (3) يوضح استقرار سلسلة الفروق نسبيا .



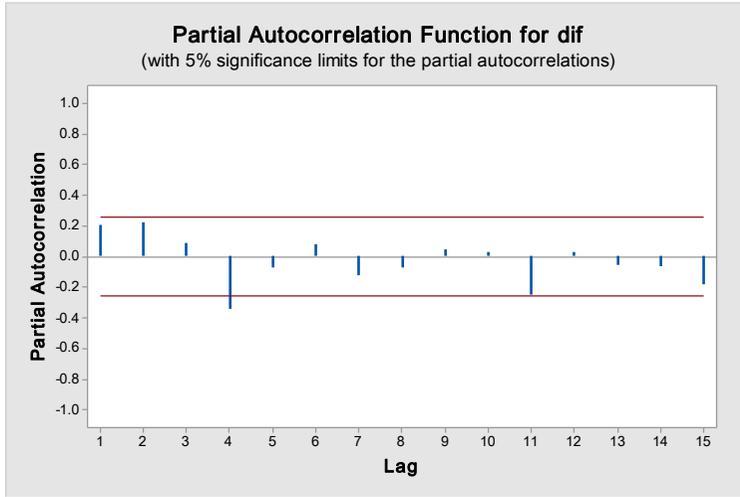
شكل (٣) : يمثل الاتجاه العام السلسلة الزمنية للمواليد بعد اخذ الفروق الاولى على ذلك يمكن القول بان السلسلة الزمنية قد أصبحت مستقرة نسبيا وقابلة لإجراء المراحل الأربع لتحليل السلاسل الزمنية :

### المرحلة الأولى : توصيف النموذج Model Identification

في هذه المرحلة تم اختيار النموذج المناسب للبيانات المتاحة, وحيث ان سلسلة الفروق الأولى مستقرة , فإننا نلجأ الى رسم دالتي الارتباط الذاتي (ACF) Partial Auto- correlation Function والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) correlation Function كما في شكلي (4) , (5)



شكل (4) : دالة الارتباط الذاتي للمواليد



شكل (5) : دالة الارتباط الذاتي الجزئي للمواليد

وبملاحظة سلوك دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي في الشكلين (4) , (5) نجد انها تتناقص تدريجياً سالكة سلوكاً أسياً أو سلوك دالة الجيب (يتلاشى تدريجياً) (Decays Exponentially) ولذلك وزيادة في التحقيق

يتم تحديد النموذج بأخذ كل الاحتمالات الممكنة لتقدير جميع النماذج الفروق الاولى (d=1) والمعالم (p,q= 0,1,.....,5) وذلك وفقا لمقياس متوسط مجموع المربعات الخطأ MSE باستخدام برنامج MINITAB كما في الجدول التالي:

الجدول رقم (٢) قيمة MSE لنماذج ARIMA عند الفروق الاولى

P,d,q	MSE	P,d,q	MSE	P,d,q	MSE	P,d,q	MSE
(0,1,1)	1.799	(0,1,4)	1.5305	(3,1,1)	1.6759	(4,1,4)	1.4005
(1,1,1)	1.7584	(0,1,5)	1.5190	(3,1,2)	1.4804	(4,1,5)	1.3949
(1,1,2)	1.6	(1,1,0)	1.775	(3,1,3)	1.4918	(5,1,0)	1.5220
(1,1,3)	1.5323	(2,1,1)	1.7339	(3,1,4)	1.4556	(5,1,1)	1.4167
(1,1,4)	1.5026	(2,1,2)	1.5214	(3,1,5)	1.4577	(5,1,2)	1.5193
(1,1,5)	1.5019	(2,1,3)	•	(4,1,0)	1.4865	(5,1,3)	1.5125
(2,1,0)	1.7051	(2,1,4)	1.4920	(4,1,1)	1.5207	(5,1,4)	•
(0,1,2)	1.5751	(2,1,5)	1.4651	(4,1,2)	1.7352	(5,1,5)	•
(0,1,3)	1.5909	(3,1,0)	1.7258	(4,1,3)	1.5144		

- من جدول (٢) نجد ان افضل نموذج هو ARIMA(4,1,5) باقل متوسط مربعات اخطاء MSE=1.3949 مع الاشارة الى ان النماذج ARIMA(5,1,4) , ARIMA(2,1,3) , ARIMA(5,1,2) , ARIMA(5,1,5) كانت غير ثابتة (non stationary) او غير قابلة للانعكاس (non invertible) لذلك لم يتمكن البرنامج من اتمام حسابها .

### المرحلة الثانية: تقدير معالم النموذج Estimation of Model Parameters

بعد معاينة النماذج الممكنة أمكن التوصل الى ان النموذج الملائم هو ARIMA(4, 1,5) وتطبيق طريقة المربعات الصغرى غير الخطية (NLS) على بيانات السلسلة الزمنية قيد الدراسة وباستخدام برنامج Minitab تم الحصول على النتائج التالية :

جدول (٣) يوضح نتائج تقديرات معالم نموذج ARIMA(4, 1,5)

Final Estimates of Parameters					
Type	Coef	SE Coef	T	P	
AR 1	0.8255	0.3778	2.19	0.034	
AR 2	-0.0437	0.2940	-0.15	0.882	
AR 3	0.5663	0.2784	2.03	0.047	
AR 4	-0.5906	0.2099	-2.81	0.007	
MA 1	0.7341	0.3850	1.91	0.062	
MA 2	-0.2464	0.3221	-0.76	0.448	
MA 3	0.7249	0.2891	2.51	0.016	
MA 4	-0.1019	0.3201	-0.32	0.752	
MA 5	-0.1373	0.2843	-0.48	0.631	
Constant	-0.071469	0.009828	-7.27	0.000	

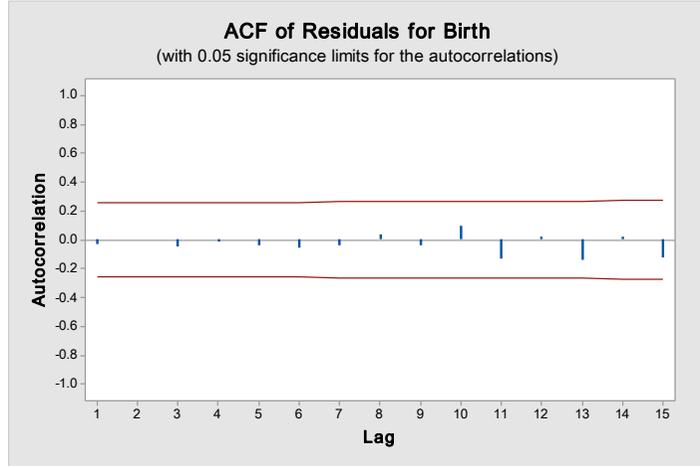
ونلاحظ من النتائج السابقة ان المعالم جوهرية من الناحية الإحصائية.

### المرحلة الثالثة : اختبار صلاحية النموذج Diagnostic Checking of Model

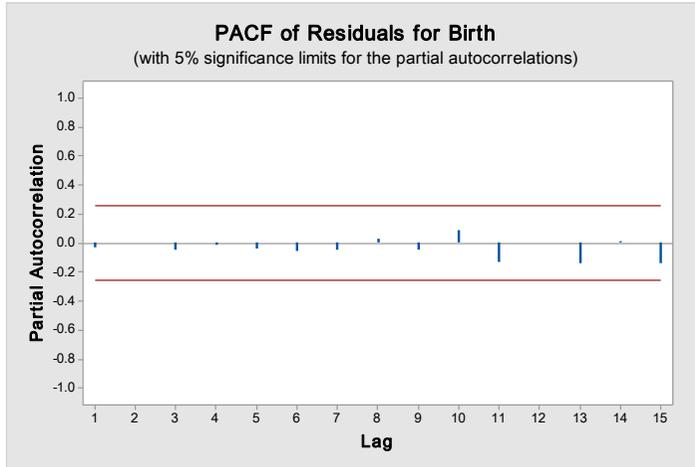
بعد تشخيص النموذج وتحديد درجته وتقديره لابد من التأكد من صحة ملائمة النموذج وكفاءته , ولقد تم ذلك من خلال ما يلي :

#### أ- اختبار معاملات الارتباط الذاتي للبقايا

قد تم استخراج معاملات الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للبقايا (الأخطاء) للنموذج وتم رسمها كما في الشكلين (٦) , (٧) التاليين :



شكل (6) : دالة الارتباط الذاتي لبواقي النموذج المقدر



شكل (٧) : دالة الارتباط الذاتي الجزئي لبواقي النموذج المقدر

ويلاحظ من الشكلان أن جميع قيم معاملات الارتباط الذاتي والجزئي للبواقي تقع ضمن حدود الثقة مما يعني أن سلسلة البواقي عشوائية وأن النموذج المستخدم جيد وملائم .

### ب- اختبار Portmanteau

بما ان الأخطاء (White Noise) أي ان  $a_t \sim N(0, \sigma^2)$  وأن معاملات الارتباط الذاتي للبواقي  $rk(\hat{a})$  تتوزع طبيعياً بوسط حسابي يساوي صفراً وتباين مقداره  $\frac{1}{N}$ ، فلقد تم تطبيق إحصاء اختبار Box-Pierce (Ljung-Box) وهو من أهم الطرق في تحليل البواقي ولقد أظهرت نتائج البيانات (جدول 4) ما يلي :

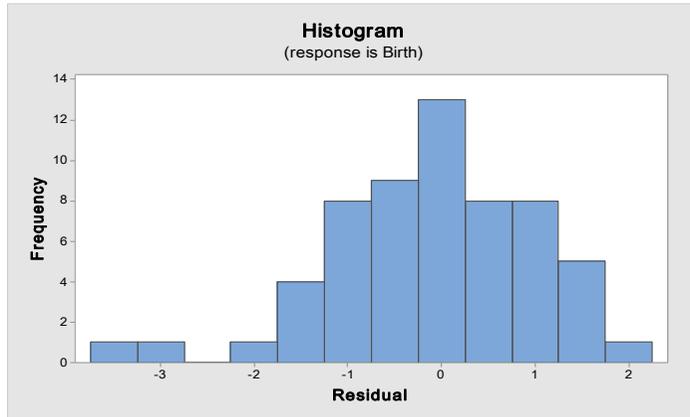
جدول (4) يوضح نتائج اختبار Box-Pierce (Ljung-Box)

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	2.7	8.9	14.0	21.9
DF	2	14	26	38
P-Value	0.253	0.839	0.973	0.983

ونلاحظ ان Q المحسوبة هي  $Q=2.7$  وهي اقل من  $\chi^2_{(2,0.05)} = 4.303$  بما يعنى ان النموذج يمكن استخدامه للتنبؤ بالمشاهدات المستقبلية.

### ج- اختبار التوزيع الطبيعي لبواقي النموذج :

لحساب حدود الثقة التنبؤية والتأكد من فاعلية اختبارات (t) على المعالم لابد من التأكد من التوزيع الطبيعي للأخطاء الموضحة في الشكل رقم (٨) التالي :



شكل (٨) : التوزيع الطبيعي لبواقي النموذج المقدر

ومن خلال اختبار فرضيات التناظر والتسطح الطبيعي لسلسلة البواقي يدل على ان سلسلة البواقي تحمل خصائص التوزيع الطبيعي. ومن خلال الاختبارات السابقة يمكن القول بانها تؤدي الى قبول النموذج احصائيا وبالتالي يمكن استخدامه للتنبؤ. (Box & Price, 1970)

### المرحلة الرابعة: التنبؤ Forecasting

باستخدام نموذج التنبؤ المتحصل عليه في مرحلة التقدير تم التنبؤ بمعدلات المواليد خلال الفترة من ( 2020 ) حتى ( 2029 ). والجدول التالي يوضح تلك التنبؤات مع فترات الثقة.

جدول (٥) يوضح تنبؤات النموذج المقترح

95% Limits			
Period	Forecast	Lower	Upper
2020	22.5733	20.2579	24.8886
2021	22.1504	18.7231	25.5777
2022	21.6705	17.0015	26.3395
2023	21.4061	15.6738	27.1384
2024	21.5015	15.2817	27.7212
2025	21.4982	14.8969	28.0996
2026	21.5536	14.7132	28.3940
2027	21.7382	14.8455	28.6309
2028	21.7585	14.8470	28.6700
2029	21.7290	14.8158	28.6422

## الاستنتاجات والتوصيات:

أولاً: الاستنتاجات: مما تقدم يمكن تلخيص النتائج التالية:

- ١- في دراسة (حجاج & عبدالقادر ٢٠٢٢) تم التنبؤ بمعدلات المواليد باستخدام الذكاء الاصطناعي و الانحدار الحصين مع اغفال عنصر الزمن. وفي هذا البحث وباستخدام اسلوب السلاسل الزمنية في التنبؤ تم الحصول على تنبؤات باقل متوسط مربعات للأخطاء  $MSE=1.3949$  بينما كان للشبكات  $MSE(NN)=2.944$
- و للانحدار الحصين  $MEE( Rob-Re)=9.015$  , مما يعنى افضلية التنبؤ بمعدلات المواليد باستخدام السلاسل الزمنية .
- ٢- توجد علاقة غير خطية بين معدلات المواليد والزمن حيث تتناقص معدلات المواليد بمرور الزمن بصورة غير خطية.
- ٣- تعد نماذج السلاسل الزمنية من بين الاساليب التي ساهمت بدرجة كبيرة في نمذجة العديد من الظواهر الاقتصادية والصحية والاجتماعية، من خلال اعطاء دالة رياضية توضح فهم تلك الظواهر والتنبؤ بالقيم المستقبلية لها , ويعد هذا البحث محاولة للمساهمة في نمذجة الظواهر السكانية.
- ٤- ان أسلوب السلاسل الزمنية يعتبر الأدق في عملية التنبؤ خاصة عند غياب العلاقات السببية بين المتغيرات أو عدم توافر المعلومات الكافية حول المتغيرات التوضيحية .
- ٥- الاختبارات الإحصائية اوضحت ان السلسلة الزمنية غير مستقرة وأن هناك اتجاه عام واضح في السلسلة, ومن أجل توفير شروط الاستقرار في السلسلة قمنا بتعديلها أولاً بتثبيت التباين وإزالة الاتجاه العام باستخدام الفروق من الدرجة الأولى .
- ٦- باستخدام معايير المفاضلة (أقل تباين للنموذج , أقل قيمة لمجموع مربعات البواقي ) تم اختيار أفضل نموذج من بين النماذج , كما تم فحص ملائمة النموذج المقترح إحصائياً من خلال اختبارات (معنوية المعالم المقدرة , تحليل دالة الارتباط الذاتي للبواقي , والتوزيع الطبيعي للبواقي ) .

٧- وجد أن النموذج الملائم والكفؤ لتمثيل بيانات السلسلة الزمنية هو النموذج  $ARIMA(4, 1, 5)$ .

٨- باستخدام نموذج التنبؤ المتحصل عليه في مرحلة التقدير تم التنبؤ بمعدلات المواليد في جمهورية مصر العربية خلال الفترة من (2020) حتى (2029).

#### ثانياً: التوصيات:

بناءً على النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث، نوصي الجهات ذات الصلة بالاعتماد على النموذج العلمي المستخدم في التنبؤ نظراً لدقته وملاءمته. كما نعرض مجموعة من التوصيات المهمة التي يمكن تطبيقها لتعزيز التخطيط المستقبلي:

(١) تعزيز التوعية بالصحة الإنجابية: يجب تكثيف الجهود لزيادة الوعي بأهمية تنظيم الأسرة وخفض معدلات المواليد، هذا الإجراء يساهم بشكل كبير في الحفاظ على استدامة الموارد، وتخفيف الضغط على الخدمات العامة مثل الصحة والتعليم، وتحقيق التوازن السكاني المطلوب في مصر.

(٢) تطوير البنية التحتية الصحية والتعليمية: من المهم أن تقوم الحكومة بتوجيه استثمارات استراتيجية نحو تحسين البنية التحتية لتلبية الاحتياجات المستقبلية للنمو السكاني، وهذا يشمل بناء مرافق صحية وتعليمية قادرة على استيعاب الأعداد المتزايدة وضمان جودة الخدمات.

(٣) تطوير نماذج التنبؤ: يُوصى باللجوء إلى نماذج هجينة تجمع بين أساليب  $ARIMA$  وتقنيات الذكاء الاصطناعي مثل الشبكات العصبية والتحليل التنبؤي المتقدم. هذه النماذج تتيح تحسين دقة التنبؤات المتعلقة بمعدلات المواليد، مما يجعلها أكثر توافقاً مع التغيرات الاجتماعية والاقتصادية.

هذه التوصيات تساهم في دعم خطط التنمية المستدامة وضمان استمرارية الموارد مع التركيز على الحلول العلمية الفعالة.

## المراجع:

### أولاً: المراجع العربية

- (١) إيمان بكري. (2014). التنبؤ بعدد المواليد بمحلية عطبرة باستخدام السلاسل الزمنية خلال الفترة (٢٠٠٣-٢٠١٣). جامعة وادي النيل، السودان.
- (٢) الخضيرى، محمد قدوري عبد. (1996). دراسة مقارنة لطرائق التقدير والتنبؤ لبعض نماذج بوكس-جينكينز الموسمية. رسالة ماجستير في الإحصاء، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة بغداد.
- (٣) الغنام، أحمد بن عبدالله. (2003). تحليل السلسلة الزمنية لمؤشر أسعار الأسهم في المملكة العربية السعودية باستخدام منهجية-Box Jenkins. مجلة جامعة الملك عبدالعزيز، العدد الثاني، ص. (3-25)
- (٤) حجاج، عبد القادر. (2022). استخدام الذكاء الاصطناعي والانحدار الحصين للتنبؤ بمعدلات المواليد في مصر .
- (٥) حشمان، مولود. (1998). نماذج التنبؤ قصير المد الجزائر: ديوان المطبوعات الجامعية.
- (٦) سمير شعراوي. (2005). مقدمة في التحليل الحديث للسلاسل الزمنية. مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبد العزيز، المملكة العربية السعودية.
- (٧) فاندل، والتر، (١٩٩٢)، السلاسل الزمنية من الوجهة التطبيقية ونماذج بوكس - جينكنز، تعريب عزام و هارون، دار المريخ للنشر، المملكة العربية السعودية.
- (٨) عطية، عبدالقادر محمد. (2000). طرق قياس العلاقات الاقتصادية. الإسكندرية: دار الجامعات المصرية.

---

---

### ثانياً: المراجع الأجنبية.

1. **Abonazel, M. R., & Abd-Elftah, A. I.** (2019). Forecasting Egyptian GDP Using ARIMA Models. *Reports on Economics and Finance*, 5(1), 35-47.
2. **Box, G. E., & Jenkins, G. M.** (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco: Holden-Day, U.S.A.
3. **Box, G. E., & Price, D. A.** (1970). Distribution of Residual Autocorrelations in Autoregressive-Integrated Moving Average Time Series Models. *Journal of the American Statistical Association*, 55(332), 1509-1525.
4. **Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & McGee, V.** (1983). *Forecasting Method and Application* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.
5. **Wegman, E. J.** (2000). *Time Series Analysis – Theory, Data Analysis, and Computation*. Addison-Wesley Publishing Company.
6. **Wei, W. S.** (1990). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. Addison-Wesley Publishing Company Inc., U.S.A.

---

---

## Using ARIMA Models to Forecast Birth Rates in Egypt

### Abstract

Rapid population growth poses a significant threat to sustainable development, making it difficult for the government to provide quality education, adequate healthcare services, and essential infrastructure for all individuals. This challenge necessitates a deeper understanding of the factors affecting birth rates and forecasting future trends to inform effective strategies for managing population growth. This research focuses on using ARIMA models to forecast birth rates in Egypt, aiming to predict future trends in birth rates. A sample of 60 observations was selected, covering the time series from 1960 to 2019, to provide insights that can help formulate strategies to address Egypt's population challenges. The research methodology includes data analysis, model identification, model fitting, and forecasting future values. The empirical study revealed that the most suitable and efficient model for representing the time series data is the ARIMA (4,1,5) model, with the lowest Mean Squared Error (MSE) after comparing several ARIMA models at the first differences. Using the obtained forecasting model, birth rates in Egypt were predicted for the period from 2020 to 2029.

**keywords:** ARIMA models, Birth rates, Forecasting, Time series, Box-Jenkins models.