نموذج مقترح للتنبؤ بمعدلات وفيات الأطفال دون سن الخامسة في ليبيا باستخدام السلاسل الزمنية والانحدار الاسى

محمد محمد عبد القادر[١]　　　سميرة عمر الدوفانى[٢]

الملخص :

تتأثر عملية التنبؤ بأى ظاهرة بشكل مباشر بإختيار النموذج المناسب لبيانات الظاهرة. هدفت هذه الدراسة التوصل الى النموذج الافضل للتنبؤ بمعدلات وفيات الاطفال دون سن الخامسة فى ليبيا وذلك من خلال المقارنة بين نماذج السلاسل الزمنية والانحدار الاسى . اعتمدت الدراسة على بيانات سلسلة زمنية لمعدلات وفيات الاطفال دون سن الخامسة من بيانات البنك الدولى للفترة (١٩٦٠-٢٠١٩).وتوصلت الدراسة الى افضل نموذج حسب معيار اكايكى هو ARIMA(1,1,0) من بين نماذج اريما المقترحة، كذلك توصلت الدراسة الى ان نموذج الانحدار الاسى الأفضل فى التنبؤ من نموذج اريما حيث كانت نتائجه اقرب الى الواقع.وتم التنبؤ بمعدل الوفيات حتى عام ٢٠٢٨.

الكلمات الدالة: وفيات الأطفال- السلاسل الزمنية – الإنحدار الأسي – التنبؤ- ليبيا

Abstract

The process of predicting any phenomenon is directly affected by the selection of the appropriate model for the data of the phenomenon. This study aimed to arrive at the best model for predicting under-five mortality rates in Libya by comparing time-series and exponential regression models. The study relied on time series data for under-five mortality rates from the World Bank data for the period (1960-2019). The study found the best model according to the Akiki criterion ARIMA (1,1,0) is among the proposed ARIMA models, The study also found that the exponential regression model is better in predicting than the Arima model, as its results were closer to reality. The mortality rate was predicted until 2028.

Key words: infant mortality, time series, exponential regression, prediction, Libya

١- مقدمة:

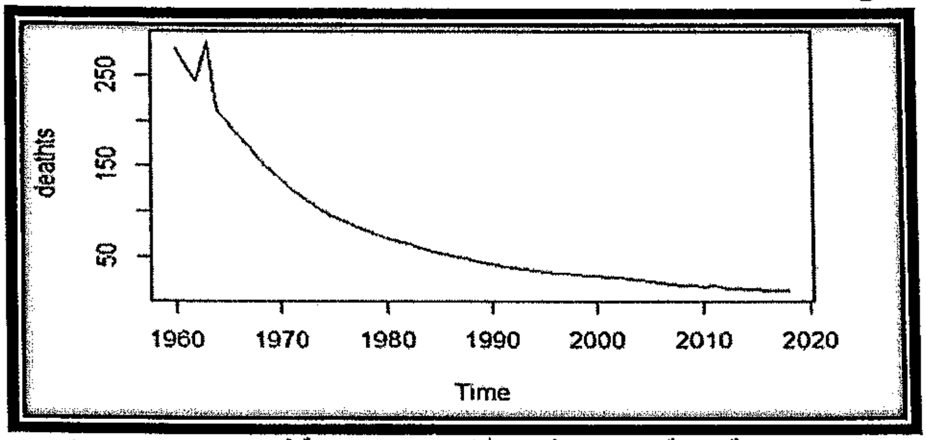
يعتبر اسلوب تحليل السلاسل الزمنية من الأساليب الإحصائية الهامة فى التنبؤ، و قد تم إستخدام هذا الإسلوب على نطاق واسع فى الكثير من التطبيقات الإحصائية و الإقتصادية، حيث يتم التنبؤ بالتغيرات المستقبلية للمتغير بالإعتماد فقط على سلوك هذا المتغير في الماضى. و تعتبر وفيات الأطفال أحد المؤشرات التى تعكس مدى التنمية فى البلاد. و مدى تحقق الوعى الصحى فى المجتمع . اقترحت العديد من الابحاث استخدام السلاسل الزمنية فى التنبؤ بوفيات الاطفال ، ونقدم

[١] استاذ مساعد بقسم الاحصاء جامعة الازهر فرع البنين
[٢] باحثة

فى هذا البحث نموذج ملائم للتنبؤ بمعدلات وفيات الاطفال دون سن الخامسة فى ليبيا وعن طريق المقارنة بين الانحدار الاسى وسلاسل اريما بهدف اختيار النموذج الافضل.

٢- مشكلة الدراسة

تعد وفيات الاطفال من اهم المؤشرات الاساسية لقياس المستوى المعيشى والصحى لاى مجتمع، ونظراً لعدم الإستقرار السياسي و الإقتصادي الذى تمر به ليبيا ، و لندرة الدراسات الخاصة بوفيات الأطفال فإن هذه الدراسة تحاول التعرف على أفضل نموذج لتمثيل وفيات الاطفال و التنبؤ به لغرض التخطيط.



شكل(١) سلسلة زمنية لمعدلات وفيات الأطفال دون الخامسة فى ليبيا(١٩٦٠-٢٠١٩)
المصدر: الباحثة بالإعتماد على بيانات البنك الدولى

٣- الاهداف

تحديد النموذج الامثل للتنبؤ بوفيات الاطفال دون سن الخامسة فى ليبيا

٤- الفروض

- هل استخدام نماذج سلاسل أريما أفضل من الانحدار الاسى فى التنبؤ بمعدلات وفيات الاطفال ؟

٥- مصادر البيانات

اعتمدت الدراسة على بيانات سلسلة زمنية لمعدلات وفيات الاطفال دون سن الخامسة منشورة ضمن احصاءات البنك الدولى الخاصة بليبيا خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠١٩). وذلك بإستخدام البرنامج الإحصائي SPSS & R

٦- الدراسات السابقة

- دراسة **(Sherien,M.2012)** أستخدمت بيانات مؤشرات الوفاة مثل معدل الوفيات الخام و معدل وفيات الاطفال و معدلات الوفيات التفصيلية بحسب العمر فى مصر و ذلك لبناء النماذج المثلى لكل من هذه المؤشرات، بإستخدام إسلوب السلاسل الزمنية وهدفت الدراسة إلى إختيار أفضل نموذج لكل مقياس من مقاييس الوفيات ثم إستخدام هذا النموذج فى التنبؤ بقيم هذا المؤشر، وتوصلت الدراسة عند تطبيق نماذج ARIMA على سلسلة زمنية على معدل الوفيات الخام تبين أن النموذج ARIMA(1,3,2) حقق قدرة تنبؤية عالية و بالمثل لسلسلة معدل وفيات الأطفال تبين إن النموذج ARIMA(2,3,1) حقق قدرة تنبؤية عالية.

- دراسة (أحمد،٢٠١٧) هدفت هذه الدراسة إلى التوصل إلى نموذج رياضي يمكن من التنبؤ بوفيات الأطفال فى ولاية الجزيرة فى السودان بالاعتماد على بيانات شهرية ثانوية تم جمعها من مستشفى الاطفال التعليمى للفترة من (٢٠١١ إلى ٢٠١٧)م واستخدمت الدراسة المنهج الوصفى التحليلى و توصلت الدراسة إلى أن سلسلة وفيات الأطفال فى فترة الدراسة ساكنة و أن النموذج ARIMA(1,0,0) هو النموذج الأفضل و الأكفأ من حيث المعنوية و معايير الدقة التنبؤية.
- دراسة (Mishra,A.2019) تهدف الدراسة الوصول إلى أفضل نموذج للتنبؤ بوفيات الرضع فى الهند معتمدة على بيانات المنصة الحكومية المفتوحة فى الهند للفترة (٢٠١٧-٢٠٢٥) ، و توصلت الدراسة أن النموذج (ARIMA(2,1,1 هوالأفضل وتوصلت النتائج إنه ستنخفض وفيات الاطفال الرضع من ٣٣ لكل الف مولود حى فى عام ٢٠١٧ إلى ١٥ لكل الف مولود حى فى ٢٠٢٥.
- دراسة (Hug,L.2019) استخدمت نموذج الانحدار الهرمى B-splines regression لتقديرمعدلات وفيات حديثي الولادة العالمية للفترة ١٩٩٠-٢٠١٧ معتمدة على بيانات مجموعة الامم المتحدة المشتركة بين الوكالات لتقدير وفيات الاطفال.

٧- تعاريف

- يعرف معدل وفيات الأطفال دون الخامسة بأنه احتمال الوفاة قبل بلوغ الطفل السنة الخامسة من العمر ويرمز له (U5MR) ويتم حسابه كالتالي:

$$\text{معدل وفيات الاطفال اقل من ٥ سنوات} = \frac{\text{جملة وفيات الاطفال دون خمس سنوات فى سنة معينة}}{\text{المواليد الاحياء فى نفس السنة}} X 1000$$

- **السكون:**

يقال إن السلسلة الزمنية ساكنة (مستقرة) إذا كانت الخصائص الإحصائية لها ثابتة خلال الزمن أي أن هذه الخصائص لا تتغير بالإزاحة إلى الأمام أو إلى الخلف أي عدد من الوحدات الزمنية. و يمكن وصف الخصائص الإحصائية بشكل كامل عن طريق دالة الإحتمال التراكمى، و يمكن وصفها بشكل جزئي عن طريق المتوسط و التباين و التغاير،

- **إستقرارية السلاسل الزمنية:Stationary Time Series**

لجعل السلسلة مستقرة يتم بإستخدام عامل الفروق الخلفية. ام عدم تبات التباين فيتم معالجته بأخد اللوغاريتم الطبيعى لبيانات السلسلة او بأخذ الجدر التربيعى لها او مقلوب البيانات (شعراوى،٢٠٠٥).

- **معيار اكايكى:**

هو من افضل مقاييس الجودة النسبية للنماذج الاحصائية و المقترح من العالم اليابانى ($Akaike$) عام ١٩٧٣واطلق عليه معيارمعلومة اكايكى (AIC)، حيث يقترب النموذج المقترح وفقاً لهذا المعيارمن الامثلية كلما اقتربت قيمة AIC من الصفر وصيغته الرياضية كالاتى:

$$AIC = ٢K - 2Ln(L)$$

حيث ، K : مجموع وسائط النموذج

L : قيمة دالة الامكان الاكبر (Maximum Likehood) الموافقة للنموذج.

ويتم استخدام هذا المعيار في المفاضلة بين النماذج من حيث جودة تمثيل البيانات، فيتم اختيار النموذج صاحب القيمة الأقل لمعيار أكايكي.

٨- منهجية بوكس وجينكنز (Box & Jenkins)(B-J) للسلاسل الزمنية

يعتبر اسلوب السلاسل الزمنية الذى قدمه بوكس وجينكينز فى العام (1970) احد الادوات الاحصائية التى يمكن الاعتماد عليها فى تحليل السلاسل الزمنية واستعمالها لغرض التنبؤ، حيث تعتمد فى صياغتها على ثلاث نماذج وهى نموذج الانحدار الذاتى $AR(p)$ ونموذج المتوسطات المتحركة $MA(q)$ والنماذج المختلطة.

- **نموذج الانحدار الذاتى Autoregressive Model (AR)**

ويمكن كتابة هذه النماذج فى صورة نموذج خاص من الدرجة (P) بمعلمات معينة تميزها عن غيرها من العمليات وهى

$$y_t = \varepsilon_t + \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \cdots \varphi_p y_{t-p}; t = 0, \mp1; \mp2; ..$$

ويرمز لها بالرمز $AR(P)$، وتسمى الثوابت $\varphi_1 ; \varphi_2; \ldots.; \varphi_p$ بالمعالم الرئيسية للنموذج او معاملاته و تمثل (ε_t) الاخطاء العشوائية (التشويش الأبيض ,White Noise) والتى يفترض انها تتوزع طبيعياً بمتوسط صفر وتباين σ^2.

- **نموذج المتوسطات المتحركة Moving Average Model (MA)**

و يمكن تمثيل نموذج الاوساط المتحركة من الدرجة (q) بإستخدام عامل الارتداد الخلفى Backshift (Operator) (B) على النحو التالى .

$$y_t = \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} - \theta_2\varepsilon_{t-2} - \cdots - \theta_q\varepsilon_{t-q} ; t = 0, \mp1, \mp2, ..$$

ويرمز لها بالرمز $MA(q)$، و تسمى الثوابت $\theta_1 ; \theta_2 ; \ldots. \theta_q$ بمعالم نموذج الاوساط المتحركة.

- **نماذج الانحدار الذاتى والمتوسطات المتحركة Autoregressive Moving Average Models**

وتسمى نماذج ارما ويرمز لها بالرمز (ARMA) من الرتبة (p,q) وتكتب بالصيغة التالية

$$y_t = \varepsilon_t + \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \cdots \varphi_p y_{t-p} - \theta_1\varepsilon_{t-1} - \theta_2\varepsilon_{t-2} - \cdots - \theta_q\varepsilon_{t-q}$$

حيث تمثل (ε_t) عملية الاضطرابات الهادئة، وتمثل الثوابت $\theta_1 ; \theta_2 ; \ldots. \theta_q$, $\varphi_1 ; \varphi_2; \ldots.; \varphi_p$ تمثل معلمات النموذج .

- **نماذج الانحدار الذاتى و المتوسطات المتحركة التكاملية**

$$\textit{Autoregressive Integrated Moving Average Models (ARIMA)}$$

ويمكن التعبير عنها فى الصورة

$$\varphi(\beta)\Delta^d y_t = \theta(B)\varepsilon_t$$

حيث ان d هو الحد الادنى للفروق التى يجب أن تأخذ لتسكين السلسلة و $\Delta^d = (1 - B)^d$

٩- الجانب التطبيقى

من استقراء سلسلة معدلات وفيات الأطفال في ليبيا يلحظ مدى التقدم الذي تحقق خلال العقود الماضية حيث انخفضت معدلات وفيات الأطفال من ٢٧٩.٣ طفل لكل ألف مولود عام ١٩٦٠ الي ١١.٥ طفل لكل مولود حى عام ٢٠١٩ ،كما

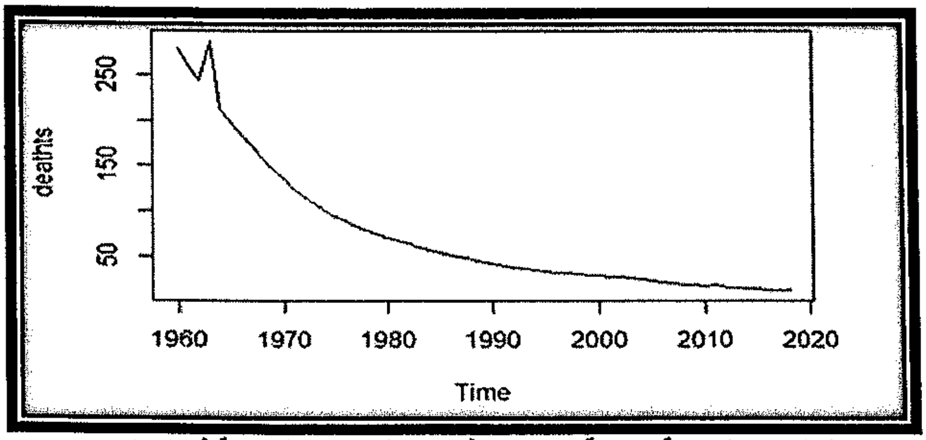
يشير الجدول رقم (١) الي انخفاض معدلات وفيات الأطفال والرضع خلال الفترة (٢٠٠٧-٢٠١٤) إلى ما يقرب من النصف، حيث انخفض معدل وفيات الأطفال دون الخامسة من ٢٠.١ حالة وفاة لكل ١٠٠٠ مولود حي عام (٢٠٠٧) إلى ١١.٥ حالة وفاة لكل ١٠٠٠ مولود حي في عام (٢٠١٩)

جدول (١) معدلات وفيات الأطفال دون الخامسة في ليبيا خلال الفترة (١٩٦٠ – ٢٠١٩)

السنة	المعدل	السنة	المعدل	السنة	المعدل	السنة	المعدل
1960	279.3	1975	94.8	1990	41.6	2005	23.1
1961	261.3	1976	88.9	1991	39.5	2006	21.7
1962	244.2	1977	83.6	1992	37.6	2007	20.2
1963	288	1978	78.8	1993	36	2008	18.8
1964	212.4	1979	74.6	1994	34.5	2009	17.6
1965	197.8	1980	70.6	1995	33.1	2010	16.6
1966	183.9	1981	67.1	1996	31.9	2011	17.6
1967	170.7	1982	63.6	1997	30.9	2012	15.1
1968	158.3	1983	60.4	1998	29.9	2013	14.5
1969	146.8	1984	57.3	1999	29	2014	13.9
1970	135.9	1985	54.4	2000	28.1	2015	13.3
1971	126	1986	51.6	2001	27.3	2016	12.8
1972	116.9	1987	48.9	2002	26.5	2017	12.4
1973	108.8	1988	46.4	2003	25.5	2018	12
1974	101.5	1989	43.9	2004	24.4	2019	11.5

المصدر: احصاءات البنك الدولي الخاصة بليبيا

يتضح من الجدول(١) السابق ان معدل التراجع في وفيات الأطفال بدا متباطئا خلال السنوات الأولي ثم ما لبث ان تسارع خلال فترة السبعينات نتيجة لتفجر ثروة النفط بعد حرب أكتوبر ١٩٧٣ ليصل المعدل نهاية السبعينات الي ربع مثيله تقريباً بداية السلسلة، ثم عادت المعدلات الي التراجع ببطء خلال التسعينات من القرن الماضي لظروف الحصار الذي فرض علي ليبيا وقتها الا ان المعدل استمر في التراجع، وفي مطلع الألفية الجديدة وصلت معدلات الوفيات الي عشر مثيلتها في بداية السلسلة لتنخفض هذه النسبة الي أقل من ٥% من مثيلتها بداية السلسلة وان كانت وتيرة التراجع قد حققت تقريبا خلال السنوات الأخيرة بل وسجلت معدلات الوفاة للرضع ارتفاعات في بعض السنوات. الا أنه في المجمل فان السلسلة شهدت تناقصا علي شكل أسي كما يوضح الشكل التالي:



شكل (٢) السلسلة الزمنية لمعدلات وفيات الاطفال دون الخامسة فى ليبيا
المصدر: الباحثة بالإعتماد على بيانات البنك الدولى

نتيجة لهذه التذبذبات فان السلسلة تعاني من عدم ثبات الوسط الحسابي والتباين، كما أن بعض مؤشرات التشتت اظهرت زيادة تشتت السلسلة و الجدول التالي يوضح ذلك :

جدول (٢) المؤشرات الرئيسية الخاصة بالسلسلة الزمنية

المدى	الوسط الحسابي	التباين
٢٦٧.٣	٧٣.٩٣٣	٧٠.٣٤

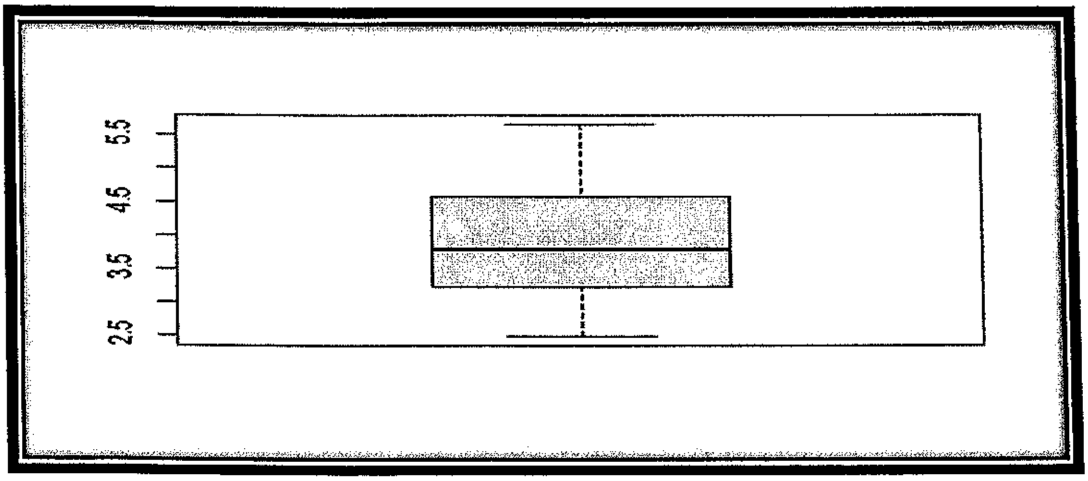
المصدر: الباحثة

من خلال الجدول(٢) يتضح ان مدى البيانات يساوى ٢٦٧.٣ وهى قيمة كبيرة جداً، وهو مؤشر يدل على وجود قيم شاذة فى البيانات، كذلك قيمة التباين الكبيرة تبين تشتت البيانات، كما اتضح من رسم Box plot ان السلسلة تعاني من وجود قيم شاذة كما هو موضح بالشكل(٣).

شكل (٣) القيم الشاذة لسلسلة معدلات وفيات الاطفال دون الخامسة فى ليبيا

المصدر: الباحثة

قامت الباحثة بأخذ لوغارتيم القيم الأمر الذي أدي معالجة مشكلة القيم الشاذة كما هو موضح بالشكل (٤)



شكل (٤) عدم وجود قيم شاذة للسلسلة اللوغاريتمات

المصدر: الباحثة

١٠-توصيف النموذج

سبق الاشارة الي ان السلسلة تعاني من عدم الاستقرار سواء علي مستوي الوسط الحسابي أو التباين كما ظهر ذلك من خلال الرسم البياني الذي أشار بوضوح الي وجود اتجاه عام للسلسلة الزمنية وبالتالي يجعلها سلسلة غير ساكنة، حيث يتناقص معدل الوفيات بشكل آسي. لكل ذلك فقد قامت الباحثة بأخذ لوغاريتم قيم السلسلة لجعل السلسلة شبه خطية كما هو موضح بالشكل (٥).

شكل(٥) سلسلة معدل وفيات الاطفال بعد اخذ اللوغاريتم
المصدر: الباحثة

يتضح من الرسم ان السلسلة استقرت بعد أخذ لوغاريثم القيم، وللتأكد من ذلك قامت الباحثة بحساب كلاً من دالة الارتباط الذاتى (ACF) ودالة الارتباط الذاتى الجزئى $(PACF)$

جدول(٣) دالة الارتباط الذاتى المقدرة لسلسلة لوغاريتميات معدل وفيات الاطفال

Lag	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(AC)	1.000	0.945	0.892	0.838	0.775	0.721	0.668	0.615	0.566	0.516	0.466
Lag	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	

(AC)	**0.419**	**0.373**	**0.330**	**0.288**	**0.248**	**0.210**	**0.172**	**0.135**	**0.099**	**0.064**	

المصدر: الباحثة

شكل(٦) دالتي الارتباط الذاتى و الارتباط الذاتى الجزئى لسلسلة لوغاريتمات معدل وفيات الاطفال
المصدر: الباحثة

مرحلة التعرف على النموذج

يتضح من الرسم أن معاملات الارتباط الذاتى تنحدرالى الصفرمما يوجه الانتباه الى عدم وجود معالم لنموذج المتوسطات المتحركة وان معاملات الارتباط الجزئى تنقطع بعد الفجوة الاولى، وهذا يدل على وجود معلمة واحدة لنموذج الانحدارالذاتى وبالتالى يمكن ترشيح النموذج ARIMA(1,1,0). كما يمكن ترشيح كلاً من النماذج التالية ARIMA(2,1,0)،ARIMA(2,1,1)،ARIMA(1,1,1) .

مرحلة تقدير المعالم

فى هذه المرحلة يتم تقدير معالم النماذج المقترحة لملائمة البيانات للسلسلة الزمنية، ويوضح الجدول رقم (٤) تقديرات النقطة لمعالم كل نموذج (Estimate)، والخطأ المعيارى للتقدير(SE.error)، ومعيار اكايكى(AIC). وقد استخدمت الباحثة الامر Auto-ARIMA بإستخدام برنامج R، وذلك لإيجاد أفضل نموذج من بين نماذج اريما ووفقاً لمعيار اكايكى AIC وكان النموذج ARIMA(1,1,0) هو الافضل.

وللمزيد من التأكيد فقد قامت الباحثة بالمقارنة بين نموذج ARIMA (1,1,0) وبعض النماذج الأخرى التى أظهرت معنوية معالمها ويمكن اجمال النتائج كالتالي:

جدول (٤) تقديرمعالم النماذج المقترحة

Model	Estimate	SE.error	AIC
ARIMA(1,1,0)	φ_1=-0.3827	0.1199	-186.36
ARIMA(2,1,0)	φ_1=0.4954 $\varphi_2$0.1823	0.1109 0.1116	-156.26
ARIMA(2,1,1)	φ_1=0.5764 φ_2=0.4218 θ_1=-0.9132	0.1213 0.1209 0.0580	-180.48
ARIMA(1,1,1)	φ_1=0.9994 θ_1=-0.9635	0.0019 0.0554	-171.97

المصدر: نتائج الباحثة بالاعتماد على مخرجات برنامج R

توضح نتائج الجدول ان أفضل نموذج من بين النماذج المقترحة هو النموذج ARIMA (1,1,0) له أعلى قيمة لمعيار اكايكي (AIC). ويكون النموذج علي الصورة التالية:

$$y_t = -0.3827y_{t-1} \ -0.0543$$

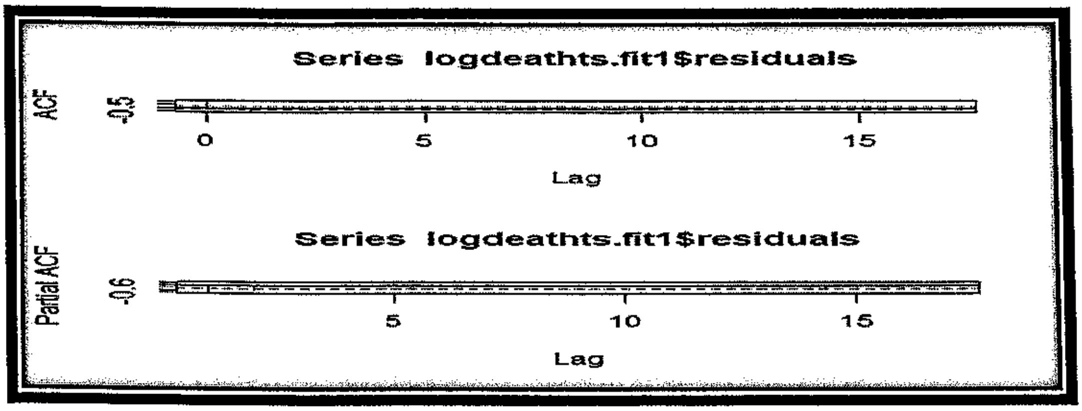
الفحوص التشخيصية للنموذج :

اولاً: بحث السكون والانعكاس

نلاحظ من الجدول(٤) ان معالم النموذج تحقق شرط السكون حيث قيمة معلمة الانحدار الذاتى اقل من الواحد. وهذه النماذج AR(p) دائماً تحقق شروط الإنعكاس.

ثانياً: تحليل البواقى

- يتم اختباربواقى النموذج ARIMA(1,1,0)، وذلك برسم دالة الارتباط الذاتى(ACF)، ودالة الارتباط الذاتى الجزئى (PACF) للبواقى للتأكد من انها تغيرات عشوائية بحتة ام لا، ويعرض الشكل (٧) دالة الارتباط الذاتى ودالة الارتباط الجزئى لبواقى النموذج. ومن الشكل نلاحظ ان جميع معاملات الارتباط الذاتى و الذاتى الجزئى تقع داخل حدود الثقة، مما يعنى ان البواقى عبارة عن متغيرات عشوائية.



شكل (٧) دالة الارتباط الذاتى و الارتباط الذاتى الجزئي
المصدر: الباحثة

- اختبار Ljung-Box لفحص ملائمة النموذج والذى تنص فرضيته على

H_0 : عدم وجود ارتباط ذاتى بين الرواسب

H_1: وجود ارتباط ذاتى بين الرواسب

والجدول (٥) التالى يوضح نتائج اختبارLjung-Box

جدول(٥) نتائج اختبار(Ljung-Box)

X-squared	Df	p-value
22.778	20	0.2998

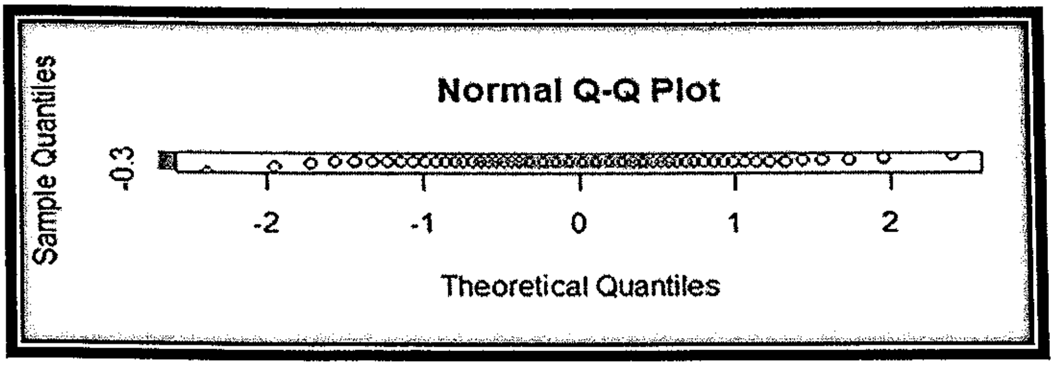
المصدر: الباحثة

وفقا للاختبار فان قيمة $p\text{-value} > 0.05$ ومن ثم نقبل الفرض العدمي القائل بعدم وجود ارتباط ذاتى بين الرواسب.

كما تم رسم معاملات الارتباط الذاتى و الارتباط الذاتى الجزئى للبواقى، وموضحة بالشكل (٦). نلاحظ ان جميع قيم معاملات الارتباط الذاتى و الذاتى الجزئى للبواقى تقع ضمن حدود الثقة مما يعنى سلسلة البواقى عشوائية وإن النموذج المستخدم جيد وملائم.

- مخطط Q-Q(Q-Q plot):

وهى طريقة وصفية تستخدم للتأكد من طبيعية البواقى، ومن الشكل التالى يتضح ان البواقى لها توزع طبيعى.



شكل(٨) رسم (Q-Q plot)

المصدر: الباحثة

- إختبار كولوموجروف-سميرونوف (K-S) لإختبارطبيعية التوزيع الاحتمالى للبواقى الذى تنص فرضيته على:

- H_0 : البواقى تتبع التوزيع الطبيعى
- H_0 : البواقى لا تتبع التوزيع الطبيعى

والجدول (٦) يوضح نتائج اختبار(K-S) كالتالي:

جدول(٦)اختبار(k-s)

Statistics	p-value
٠.٤٥١٤٤	٠.١

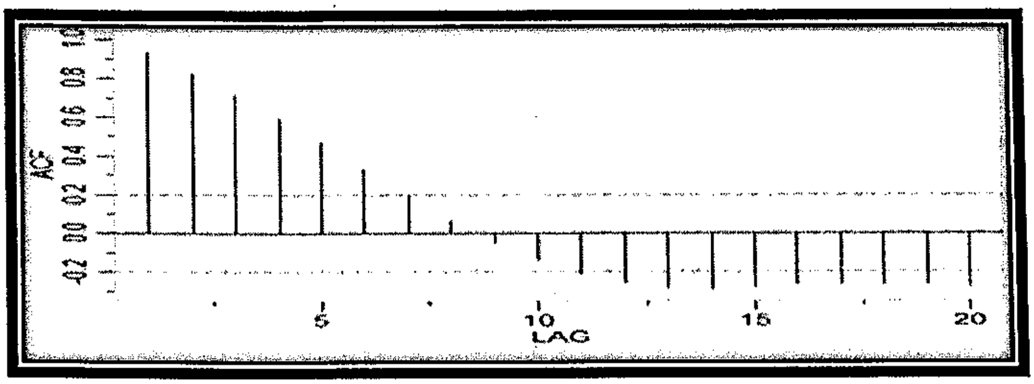
المصدر: الباحثة

يوضح الجدول قيمة الاحصاءة الاختبار ومستوى المعنوية (p-value > 0.05) والذى يدعم قبول فرض العدم القائل بطبيعية البواقى.

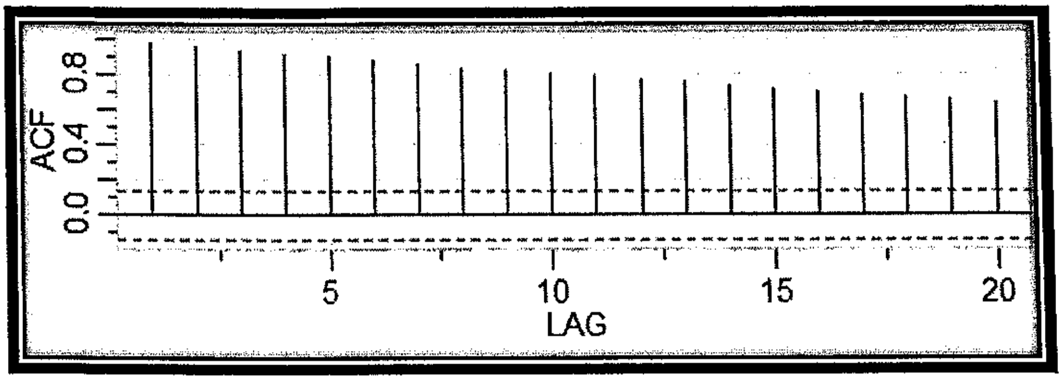
وبعد التأكد من ان جميع نتائج الاختبارات والفحوص التشخيصية تؤيد ملائمة استخدام النموذج المقترح ARIMA(1,1,0) ومن تم يمكن استخدامه فى التنبؤ.

١١-اسلوب المحاكاة

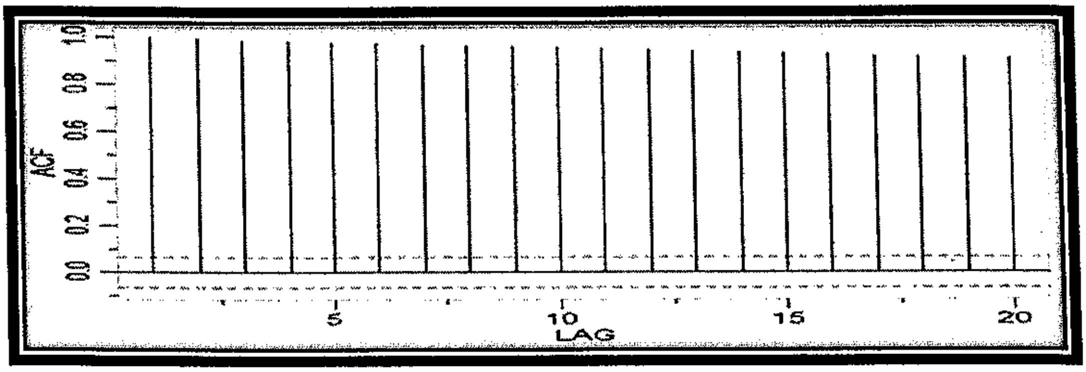
اعتمدت الباحثة على عمل محاكاة للنموذج المقترح ARIMA(1,1,0)، وذلك بإستخدام أحجام مختلفة من العينات هي (n=100,200,1000)، وذلك للمقارنة بين معاملات الارتباط الذاتى لقيم السلسلة عند الأحجام المختلفة وكانت النتائج كما توضحها الأشكال الثلاث (٩)،(١٠)،(١١) التالية:



شكل (٩) دالتي الارتباط الذاتى و الارتباط الذاتى الجزئى عند حجم عينة = ١٠٠ مفردة



شكل (١٠) دالتي الارتباط الذاتى و الارتباط الذاتى الجزئى عند حجم عينة = 200 مفردة



شكل (١١) دالتي الارتباط الذاتى عند حجم عينة = ١٠٠٠ مفردة

المصدر: الباحثة

يتضح من الاشكال (٩)،(١٠)،(١١) أنه بزيادة حجم العينة تتقارب قيم معاملات الارتباط الذاتى مما يدل على جودة تمثيل النموذج للبيانات.

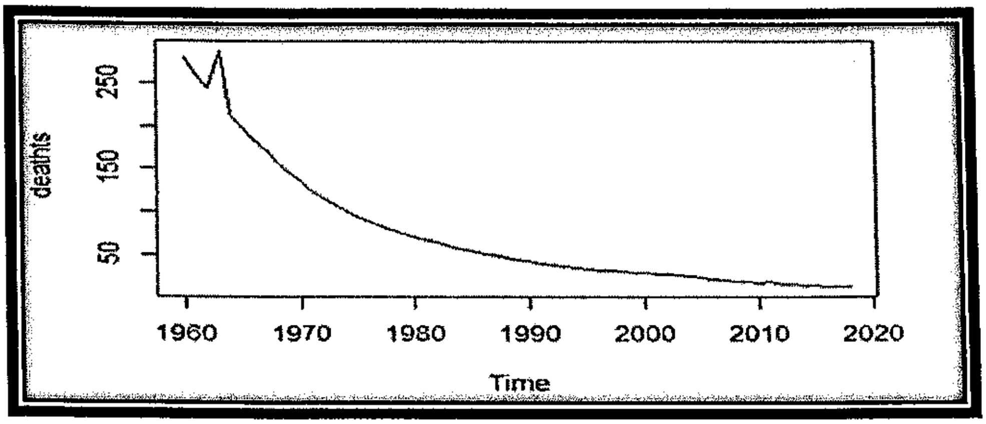
١٢-الانحدار الاسى:

ينتمى الى نماذج الانحدار اللاخطية، فى حالة الصيغة الاسية لذلك يتم تحويل قيم المتغير التابع Y_i الى قيم لوغاريتمية حتى يمكن التعبير عن العلاقة بعد عملية التحويل هذه بإستخدام خط مستقيم، ومن تم استخدام طريقة المربعات الصغرى العادية فى تقديرمعالم هذه المعادلة، اما قيم المتغير المستقل X_i فتكون نفس القيم الاصلية.

وتأخد الصيغة الاسية الشكل الاتى:

$$y = a + be^{-cx}$$

وبإستخدام برنامج R وبالاعتماد على بيانات سلسلة معدل وفيات الاطفال دون سن الخامسة، حيث y (المتغير التابع) والذى يمتل معدل وفيات الاطفال ويمتل المتغير المستقل (X) الزمن، ويوضح الشكل(١) سلسلة معدل وفيات الاطفال.

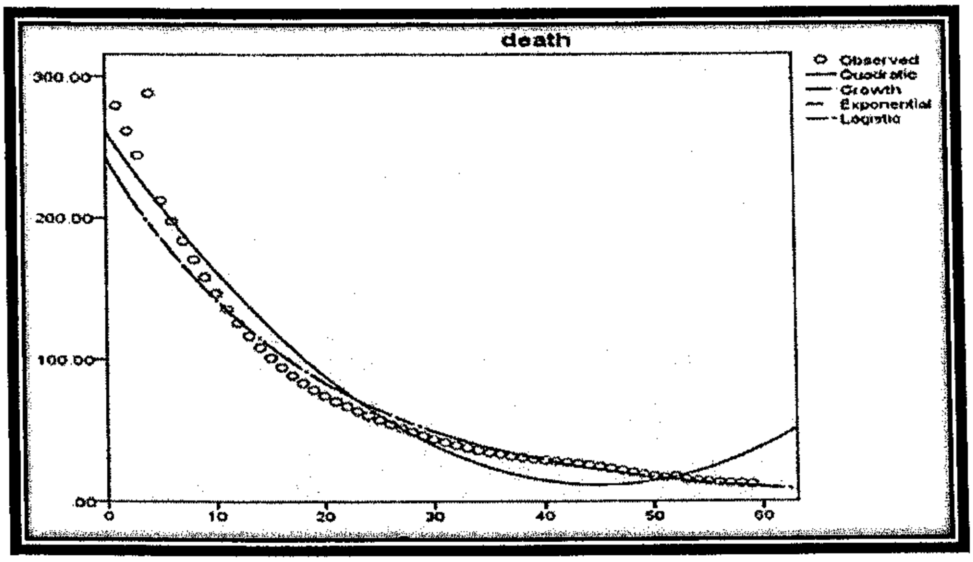


شكل(١٢) سلسلة معدل وفيات الاطفال دون الخامسة فى ليبيا

المصدر: الباحثة

نلاحظ من الشكل تتناقص معدلات وفيات الاطفال بشكل اسى كلما زاد الزمن.

وبرسم منحني البيانات والمنحنيات اللاخطية كان المنحني الأسي هو أقرب للبيانات كما يوضحه الشكل التالي رقم (١٣).



شكل رقم (١٣) المنحنيات غير الخطية لبيانات السلسلة

المصدر: الباحثة

وباستخدام برنامج R تم تقدير معالم نموذج الانحدار الأسي وكانت معاملات النموذج كالتالى:

جدول(٧) تقدير معالم النموذج الاسى

parameters	Estimate	St.erorr	t.value	Pr(>Itl)
A	$3e^{+02}$	4.9	60.339	0.000***
B	$7.9e^{-02}$	$2.9\ e^{-03}$	27.641	0.000***
C	$1.4\ e^{+01}$	2.3	6.028	0.000***

المصدر: حسابات الباحثة

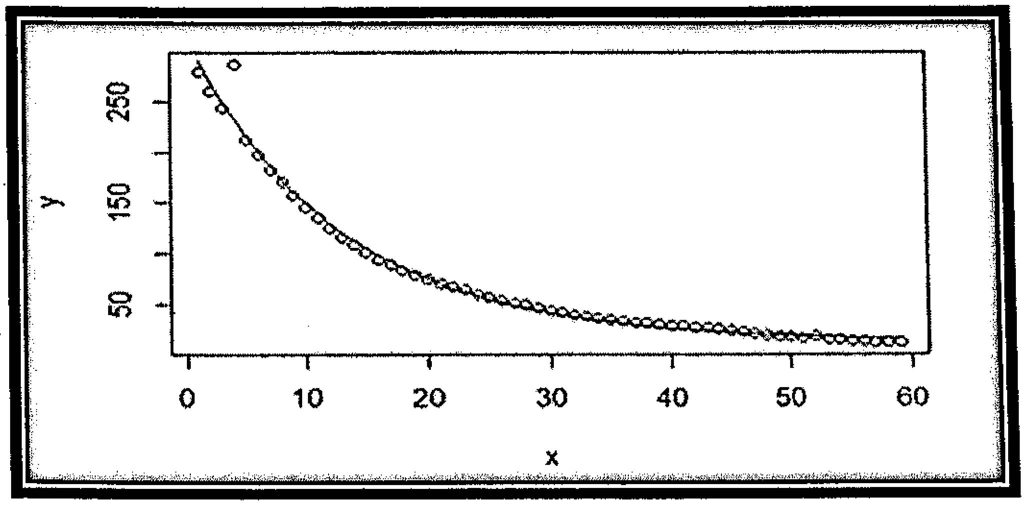
وكان الانحراف المعيارى للبواقى يساوى ٨,١٦

نلاحظ من الجدول رقم (٧) ان معالم النموذج معنوية وبالتالى تكون معادلة نموذج الانحدار الاسى التى تمثل وفيات الاطفال دون سن الخامسة فى ليبيا كالتالى.

$$\ln(y) = a - bx + c$$

$$\ln(y) = 3.e^{+02} - 7.9e^{-02}X + 1.4e^{+01}$$

كما يوضح الرسم البيانى فى الشكل رقم (١٤)نموذج الانحدار ممثل لبيانات سلسلة معدل وفيات الاطفال



شكل(١٤)تمثيل نموذج الانحدارالاسي لسلسلة معدل وفيات الاطفال دون الخامسة فى ليبيا

المصدر: الباحثة

المقارنة بين النموذجين:

تمت المقارنة بين النموذجين من خلال مدى قرب القيم المقدرة لكل منهما من القيم الحقيقية للسلسلة، ومن خلال استخدام البواقى كمعيار لذلك. ونلاحظ من الجدول رقم (8) ان النموذجين يتمتعان بقرب قيمهما المقدرة من القيم الحقيقية للبيانات الا ان النموذج الانحدار الأسي افضل من حيث جودة تمثيل البيانات، حيث أن مجموع البواقي للقيم المقدرة وفقا لنموذج أريما هي (0.76)، بينما مجموع البواقي للقيم المقدرة وفقا لنموذج لانحدار الاسى هي (0.02) مما يؤكد أفضلية استخدام النموذج الاسى فى التنبؤ بمعدلات وفيات الاطفال.

جدول رقم (٨) البيانات الحقيقية والقيم المقدرة بواسطة نموذج أريما والانحدار الأسي

time series		ARIMA(1,1,0)		Exponential Regression		time series		ARIMA(1,1,0)		Exponential Regression	
السنة	المعدل	perd	Resd	Perd	resd	السنة	المعدل	Perd	Resd	Perd	Resd
1960	279.3	278.73	0.57	291.11	-11.8	**1990**	41.6	41.61	-0.01	39.55	2.05
1961	261.3	260.92	0.38	270.05	-8.75	**1991**	39.5	39.5	0	37.58	1.92
1962	244.2	243.97	0.23	250.6	-6.4	**1992**	37.6	37.59	0.01	35.75	1.85
1963	288	287.33	0.67	232.62	55.38	**1993**	36	35.98	0.02	34.06	1.94
1964	212.4	212.4	0	216	-3.6	**1994**	34.5	34.47	0.03	32.5	2
1965	197.8	197.88	-0.08	200.64	-2.84	**1995**	33.1	33.06	0.04	31.06	2.04
1966	183.9	184.05	-0.15	186.45	-2.55	**1996**	31.9	31.85	0.05	29.73	2.17
1967	170.7	170.9	-0.2	173.33	-2.63	**1997**	30.9	30.84	0.06	28.5	2.4
1968	158.3	158.53	-0.23	161.21	-2.91	**1998**	29.9	29.84	0.06	27.36	2.54
1969	146.8	147.05	-0.25	150.01	-3.21	**1999**	29	28.93	0.07	26.31	2.69
1970	135.9	136.17	-0.27	139.66	-3.76	**2000**	28.1	28.02	0.08	25.34	2.76
1971	126	126.27	-0.27	130.09	-4.09	**2001**	27.3	27.22	0.08	24.44	2.86
1972	116.9	117.17	-0.27	121.25	-4.35	**2002**	26.5	26.41	0.09	23.61	2.89
1973	108.8	109.06	-0.26	113.07	-4.27	**2003**	25.5	25.4	0.1	22.85	2.65
1974	101.5	101.75	-0.25	105.52	-4.02	**2004**	24.4	24.3	0.1	22.14	2.26
1975	94.8	95.03	-0.23	98.54	-3.74	**2005**	23.1	22.99	0.11	21.48	1.62
1976	88.9	89.12	-0.22	92.09	-3.19	**2006**	21.7	21.58	0.12	20.88	0.82
1977	83.6	83.8	-0.2	86.13	-2.53	**2007**	20.2	20.07	0.13	20.32	0.12
1978	78.8	78.99	-0.19	80.63	-1.83	**2008**	18.8	18.65	0.15	19.8	-1
1979	74.6	74.77	-0.17	75.53	-0.93	**2009**	17.6	17.45	0.15	19.32	-1.72
1980	70.6	70.76	-0.16	70.83	-0.23	**2010**	16.6	16.44	0.16	18.88	-2.28
1981	67.1	67.24	-0.14	66.48	0.62	**2011**	17.6	17.45	0.15	18.47	-0.87
1982	63.6	63.73	-0.13	62.46	1.14	**2012**	15.1	14.93	0.17	18.1	-3
1983	60.4	60.51	-0.11	58.75	1.65	**2013**	14.5	14.32	0.18	17.75	3.25
1984	57.3	57.4	-0.1	55.32	1.98	**2014**	13.9	13.72	0.18	17.42	-3.52
1985	54.4	54.48	-0.08	52.15	2.25	**2015**	13.3	13.11	0.19	17.13	-3.83
1986	51.6	51.67	-0.07	49.22	2.38	**2016**	12.8	12.61	0.19	16.85	-4.05
1987	48.9	48.95	-0.05	46.51	2.39	**2017**	12.4	12.2	0.2	16.6	-4.2
1988	46.4	46.44	-0.04	44	2.4	**2018**	12	11.8	0.2	16.36	-4.36
1989	43.9	43.93	-0.03	41.69	2.21	∑			**0.76**		**0.02**

المصدر: حسابات الباحثة بالاعتماد علي بيانات النموذجين

المقارنة بين التنبؤ باستخدام النموذجين

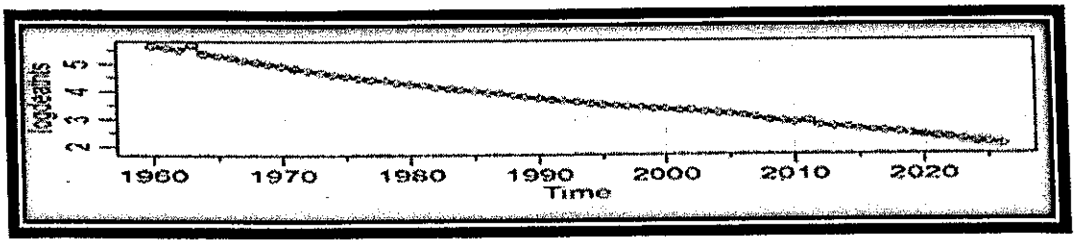
قامت الباحثة بإستخدام النموذجين فى التنبؤ بمعدلات وفيات الاطفال دون الخامسة وذلك حتى عام ٢٠٢٨ وكانت النتائج كما فى الجدول التالى.

جدول (٩) القيم المتنبأ بها بواسطة نموذج أريما والانحدار الأسي

الانحدار الأسى	السلاسل الزمنية	السنة
16.13	١٣.٨٠	٢٠١٩
15.93	11.31	٢٠٢٠
15.74	9.41	٢٠٢١
15.57	7.93	٢٠٢٢
15.41	6.78	٢٠٢٣
15.47	5.86	٢٠٢٤
15.13	5.12	٢٠٢٥
15.01	4.53	٢٠٢٦
14.90	4.04	٢٠٢٧
14.79	3.63	٢٠٢٨

المصدر : حسابات الباحثة

يتضح من الجدول (٩) السابق ان معدلات الوفيات وفقا لنموذج أريما سوف تستمر في الانخفاض حتي تصل الي معدل ٣.٦٣ طفل متوفي لكل ألف من المواليد ، وذلك بحلول عام ٢٠٢٨. أما نموذج الانحدار الأسي فيشير الي أن معدلات وفيات الأطفال ستستمر في الانخفاض ولكن ليس بهذه السرعة اذ سوف تصل الي ١٤.٧٩ طفل متوفي لكل ألف من المواليد بحلول عام ٢٠٢٨ وهذا هو الأقرب للواقع من خلال استقراء بيانات الأعوام الثلاث السابقة علي التنبؤ.



شكل (١٥) التنبؤ بإستخدام النموذج الاسى
المصدر: الباحثة

- النتائج:

١- توصلت الدراسة الى ان نموذج الانحدار الاسى افضل من السلاسل الزمنية فى تمثيل البيانات لمعدل وفيات الاطفال دون سن الخامسة فى ليبيا، و هذا يشير إلى أن الدول التى تعتمد مبدأ التخطيط الإقتصادى يفضل معها إستخدام النماذج التقليدية لأن تطور الظاهرة لا يكون عشوائياً.
٢- معدلات وفيات الاطفال دون سن الخامسة مستمرة فى الانحفاض وتصل عام ٢٠٢٨ الى 14.78 لكل الف مولود حى.
٣- توصلت الدراسة الى ان التنبؤ بنموذج ARIMA(1,1,0)، اعطى معدل تراجع سريع لايتوافق مع الواقع .

- التوصيات:

١- رغم التقديرات المتفائلة بالانحفاض إلا أن الباحثة تحدر من تكرار سيناريو السنوات السابقة حيث ارتفعت معدلات الوفيات فجأة. والامر يتطلب تكاتف الجهود لعدم تكرار ذلك.
٢- عدم إهمال النماذج التقليدية فى دراسة الظواهر السكانية مع المقارنة المستمرة بينها و بين النماذج الحديثة و عدم الإكتفاء بأي منها.
٣- استخدام نموذج الانحدار الاسى للتنبؤ بوفيات الاطفال للبلدان التى تعتمد التخطيط الإقتصادى.

- المراجع:

اولاً: باللغة العربية

١- شعراوى، سمير مصطفى: (٢٠٠٥)"مقدمة فى التحليل الحديث للسلاسل الزمنية" كتاب ،جامعة الملك عبدالعزيز، السعودية .
٢- فاندل والتر (١٩٨٣) :"السلاسل الزمنية من الوجهة التطبيقية ونماذج بوكس – جنكنز" تعريب و مراجعة : عزام، عبد المرضى وهارون، أحمد مراجعة: هارون، أحمد حسين – دار المريخ للنشر، الرياض، المملكة العربية السعودية (١٩٩٢).
٣- أحمد،عائشة عبد الغفار سليمان محمد: (٢٠١٧)"استخدام نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بحالات وفيات الأطفال بولاية الجزيرة". دراسة حالة مستشفى الأطفال التعليمي ود مدني، السودان (٢٠١١-٢٠١٧م) (Doctoral dissertation، جامعة الجزيرة).

ثانياً: باللغة الانجليزية:

4- Mishra, A. K., Sahanaa, C., & Manikandan, M. (2019). Forecasting Indian infant mortality rate: An application of autoregressive integrated moving average model. Journal of family & community medicine, 26(2), 123.
5- Hug, L., Alexander, M., You, D., Alkema, L., & for Child, U. I. A. G. (2019). National, regional, and global levels and trends in neonatal mortality between 1990 and 2017, with scenario-based projections to 2030: a systematic analysis. The Lancet Global Health, 7(6), e710-e720.

6- Sherien ,A.(2012)"Modeling and Forecasting Mortality in Egypt". Master-Cairo University
7- Hipel, K. W., McLeod, A. I., & Lennox, W. C. (1977). Advances in Box-Jenkins modeling: 1. Model construction. Water Resources Research, 13(3), 567-575.
8- Pankratz, A. (2009). Forecasting with univariate Box-Jenkins models: Concepts and cases (Vol. 224). John Wiley & Sons.
9- Thiombiano, B. G., LeGrand, T. K., & Kobiané, J. F. (2013). Effects of parental union dissolution on child mortality and schooling in Burkina Faso. Demographic Research, 29, 797-816.
10- Liu, J. (2020). Health workforce and health-related sustainable development goals from 1990 to 2018 in China: a retrospective study based on national statistical data. The Lancet, 396, S13.
11- Box, G. (2013). Box and Jenkins: time series analysis, forecasting and control. In *A Very British Affair* (pp. 161-215). Palgrave Macmillan, London.