The North African Journal of Scientific Publishing (NAJSP)
مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي (NAJSP)
E-ISSN: 2959-4820
Volume 4, Issue 1, 2026
Page No: 116-125
Website: https://najsp.com/index.php/home/index
SJIFactor 2024: 5.49 معامل التأثير العربي (AIF) 2025: 0.69 ISI 2024: 0.696

Removing structural changes from the GDP regression model on (foreign investment, unemployment, and inflation) using multinomial regression analysis

Muammar Al-Akhdar[1*], Ali Ayad Khalifa[2]
[1,2]Department of Statistics and Econometrics, Faculty of Economics and Political Science, University of Tripoli, Tripoli, Libya

تخليص نموذج انحدار الناتج المحلي الإجمالي على (الاستثمار الأجنبي والبطالة والتضخم) من التغيرات الهيكلية باستخدام تحليل الانحدار متعدد الحدود

معمر الاخضر[1*]، علي عياد خليفة[2]
[1،2]قسم الإحصاء والاقتصاد القياسي، كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، جامعة طرابلس، المدينة، ليبيا

*Corresponding author: m.kkhder@uot.edu.ly

Received: December 20, 2025 | Accepted: January 27, 2026 | Published: February 06, 2026

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract:
This paper examines the impact of foreign direct investment (FDI), inflation (Inf), and unemployment (Ump) on gross domestic product (GDP) using a multinomial regression model while maintaining the direction and characteristics of each variable under structural changes. It concludes that the quadratic model for FDI is more explanatory than the simple linear model for changes in GDP, with GDP growing by approximately 3.423% when FDI increases by 7.61%. Similarly, the quadratic model for inflation (Inf) is more explanatory than the simple linear model for changes in GDP, and GDP stabilizes at 17.035% when Inf is at or above 5.99%. For unemployment (Ump), the simple linear regression model is the best model for explaining changes in GDP.

Keywords: Polynomial regression, GDP, FDI, Inflation, Unemployment, Inflection Point.

الملخص:
تدرس هده الورقة تأثير كل من (الاستثمار الأجنبي المباشر FDI، التضخمInf، البطالة Ump) في الناتج المحلي الإجماليGDP باستخدام نموذج الانحدار متعدد الحدود مع المحافظة على اتجاه وخصائص كل متغير في ظل وجود التغيرات الهيكلية، واستنتجت ان النموذج التربيعي للاستثمار الأجنبي المباشر FDI أكثر تفسيرا من النموذج الخطي البسيط للتغيرات التي تحدث في الناتج المحلي الإجماليGDP، بحيث ينمو GDP بحوالي 3.423% عندما يزداد FDI بمعدل 7.61%. كذلك كان النموذج التربيعي للتضخم Inf أكثر تفسيرا من النموذج الخطي البسيط للتغيرات التي تحدث في الناتج المحلي الإجماليGDP وان GDP يستقر عند 17.035% عندما يكون Inf عند النقطة 5.99% فأعلى. اما متغير البطالة Ump فقد كان نموذج الانحدار الخطي البسيط هو الافضل لتفسير التغيرات التي تحدث في الناتج المحلي الإجماليGDP.

الكلمات المفتاحية: الانحدار كثير الحدود، الناتج المحلي الإجمالي، الاستثمار الأجنبي المباشر، التضخم، البطالة، نقطة الانقلاب.

مقدمة:

الدراسات التي تهتم بالاقتصاد القياسي في بعض الاحيان لا تراعي الشكل الانتشاري لبيانات المتغير المستقل عند استخدامها لأسلوب الانحدار من حيث كونه خطي او غير خطي من الدرجة الثانية أو الثالثة أو يأخذ شكل انتشاري عشوائي. مما يترتب عليه تقدير غير دقيق ونتائج منافية للواقعية بعض الشيء.

في هذا البحث سيتم الاعتماد على التدرج في الخطوات عند بناء النموذج من حيث رسم الشكل الانتشاري للبيانات ومعرفة الصورة التي يتحرك بها المتغير المستقل، ومن ثم معرفة الأسلوب الأمثل لمعالجة الشكل الغير خطي للبيانات ومعالجة ما يصاحبه من تغيرات هيكلية مستخدمين في ذلك أسلوب الانحدار متعدد الحدود.

مشكلة الدراسة:

تعتبر البيانات التي تأخذ الشكل الغير خطي من أكثر البيانات التي تستخدم في الاقتصاد، والتي عند تحليلها في الغالب يهمل كونها غير خطية الشكل مما يجعل النتائج المتحصل عليها غير دقيقة وبالتالي النموذج المتحصل عليه غير دقيق لاعتماده على أسلوب غير دقيق. من اجل ذلك قامت هذه الدراسة على اخذ هذه النقطة بعين الاعتبار عند التحليل من خلال البحث عن الإجابة على التساؤلين التاليين:

1. هل تعاني البيانات من تغيرات هيكلية كبيرة تجعلها غير خطية؟ وإن كانت كذلك فهل يعتبر نموذج الانحدار متعدد الحدود النموذج المناسب للتقدير؟
2. ماهي نقطة الانقلاب العظمى والصغرى التي تحدث عندها التغيرات الجوهرية في البيانات؟

أهدف الدراسة:

1. معالجة المشاكل القياسية من خلال تنعيم البيانات والتخلص من التغيرات الهيكلية باستخدام أسلوب تحليل الانحدار متعدد الحدود، والوصول للصيغة الرياضية المناسبة لتقدير العلاقة بين الناتج المحلي الإجمالي وكل من الاستثمار الأجنبي المباشر والبطالة والتضخم.
2. معرفة التأثير المستقبلي للمتغيرات المستقلة على التابع من خلال تحديد نقاط الانقلاب.

أهمية الدراسة:

تكمن اهمية الدراسة في الوصول لنموذج قياسي مناسب لتحليل الطاهرة الاقتصادية محل البحث مع المحافظة على خصائص المتغيرات المؤثرة من حيث سلوكها واتجاهها، كدلك تحديد نقاط الانقلاب المثلي التي تعطي تحفيز للنمو الاقتصادي.

فرضية الدراسة:

للوصول للإجابة على تساؤلات الدراسة القائمة عليها المشكلة البحثية، تم صياغة الفرضية التالية:

- يمكن الحد من التغيرات الهيكلية الناتجة عن انحدار الناتج المحلي الإجمالي على كل من الاستثمار الأجنبي والبطالة والتضخم باستخدام نموذج الانحدار كثير الحدود.

والتي يتفرع منها ثلاث فرضيات فرعية بغرض قياس انحدار الناتج المحلي الاجمالي على كل متغير مستقل على حدي، فكانت على الصورة:

- يمكن الحد من التغيرات الهيكلية الناتجة عن انحدار الناتج المحلي الإجمالي على الاستثمار الأجنبي باستخدام نموذج الانحدار كثير الحدود.
- يمكن الحد من التغيرات الهيكلية الناتجة عن انحدار الناتج المحلي الإجمالي على البطالة باستخدام نموذج الانحدار كثير الحدود.
- يمكن الحد من التغيرات الهيكلية الناتجة عن انحدار الناتج المحلي الإجمالي على التضخم باستخدام نموذج الانحدار كثير الحدود.

الأدبيات الاقتصادية والإحصائية لعلاقة الاستثمار الأجنبي المباشر والتضخم للناتج المحلي الإجمالي:

توجد عدة دراسات تناولت العلاقات الغير خطية بين المتغير المستقل والتابع وبطرق مختلفة، **منها**:

- **دراسة [1](Yemba)**، ففي سنة 2020 قاموا بدراسة نموذج انحدار " Kink" بعتبة غير معروفة لتقدير نقطة الانقلاب في العلاقة بين معدل التضخم والنمو الاقتصادي في الاقتصاد الكونغولي. مستخدمين في ذلك طريقة " Delta bootstrap " وطريقة الاستدلال لبناء فترات الثقة. وتوصلت لدراسة الى أن معدلات التضخم الأقل من 17.2% من شأنها أن تدفع النمو الاقتصادي للنمو.
- **دراسة [2](Karahan and colak سنة 2020)**، تناولت العلاقة غير الخطية بين معدل النمو الاقتصادي ومعدل التضخم في الاقتصاد التركي باستخدام نموذج الانحدار الذاتي الموزع غير الخطي (NARDL) بالتطبيق على بيانات ربع سنوية عامي (2003-2017)، وانتهت الدراسة الى وجود علاقة سلبية غير خطية بين معدل التضخم والنمو الاقتصادي على المدى الطويل، أي أنها تدعم النهج الكلاسيكي الذي ينص على أن العلاقة بين معدل التضخم والنمو الاقتصادي علاقة عكسية.
- **دراسة [3](Dinh سنة 2020)** ، تناول العلاقة بين معدل التضخم والنمو الاقتصادي في فيتنام، وذلك لمعرفة عتبة التضخم المثلى للنمو الاقتصادي باستخدام نموذج المربعات الصغرى العادية (OLS) ونموذج الانحدار الترتيبي

لسلسلة زمنية خلال الفترة (1996-2017) لاختبار العلاقة في الأجل القصير والأجل الطويل، وتوصلت إلى أن الارتباط بين معدل التضخم والنمو الاقتصادي 96.6%، وأن عتبة التضخم المثلى للنمو الاقتصادي هي 4.5%.

- **دراسة [4](خويلد، إبراهيم وأخرون ، 2019)**، تناولت العلاقة غير الخطية بين معدل التضخم ومعدل النمو الاقتصادي في الجزائر، خلال الفترة من الربع الأول عام 2000 الي الربع الثاني عام 2018، وذلك باستخدام نموذج العتبة (TAR) ذات الانتقال الفوري، حيث يمثل النمو الاقتصادي المؤخر لفترة واحدة الجزء الديناميكي، وذلك بافتراض أنه هو والحد الثابت غير متأثرين بتغير الأنظمة، بينما يتأثر معدل التضخم بمتغير العتبة المتمثل في لوغاريتم معدل التضخم، وانتهت الدراسة إلى أن معدل التضخم الذي يحفز النمو الاقتصادي في الجزائر يقع بين (0.422%، 1.02%) ربع سنويا، وبذلك يكون سنويا بين (1.688%، 4.08%).
- **دراسة [5](السيد والدمرداش ، 2019)**، تناول العلاقة غير الخطية بين التضخم والمنو الاقتصادي في مصر خلال الفترة (1961-2017) باستخدام نماذج الانتقال السلس (STR) وذلك لتحديد عتبة التضخم، وأظهرت نتائج الدراسة أن العتبة تبلغ 11.7% بإنحراف 1.7% وهو ما يعني أن معدلات التضخم الأعلى من تلك العتبة ذات تأثير سلبي على النمو الاقتصادي.
- **دراسة [6](Arawatari et al.، 2018)**، تناولت العلاقة غير الخطية بين التضخم والنمو الاقتصادي من خلال منظور نظري في نموذج قائم على البحث والتطوير للنمو الداخلي حيث تكون قدرات البحث والتطوير للمعاملات غير متجانسة، وتوصلت الدراسة إلى وجود علاقة غير خطية بين التضخم والنمو إذا كان توزيع القدة قوي ومستمر وأن العلاقة العكسية بين التضخم والنمو أضعف في الاقتصاد ذو القدرة غير المتجانسة مما هي عليه في الاقتصاد ذو القدرة المتجانسة للتضخم المنخفض.
- **دراسة [7](Aydin et al.، 2016)**، تناولت العلاقة بين التضخم والنمو الاقتصادي في تركيا باستخدام (A Dynamic Panel Threshold Analysis) وتبحث هذه الدراسة في تأثير التضخم على النمو الاقتصادي لخمس جمهوريات تركية وهي أذربيجان ، كازاخستان، قيرغيزستان، أوزيكستان وتركممنستان ، وتوصلت إلى وجود علاقة غير خطية بين التضخم ومعدل النمو وأن عتبة تأثير التضخم على النمو الاقتصادي تبلغ 7، 97% حيث معدل التضخم فوق هذا الرقم له تأثير سلبي على الاقتصاد والأقل من هذا الرقم له تأثير إيجابي على النمو الاقتصادي وتحقيق النمو المستدام.
- **دراسة [8](Thanh، 2015)** ، تناولت العلاقة غير الخطية بين التضخم والنمو الاقتصادي خلال الفترة من 1980-2011 على بلدان دول جنوب شرق أسيا (S ASEAN-) باستخدام نموذج الانحدار السلس (PSTR)، وذلك لتقدير عتبة التضخم وتأثيراتها على النمو الاقتصادي، وتوصلت إلى أن هناك علاقة سلبية ذات دلالة إحصائية بين التضخم والنمو لمعدلات التضخم فوق مستوى عتبة 7، 84% والتي بعدها يبدأ التضخم في إعاقة النمو الاقتصادي في الدول محل الدراسة، وتوصلت الدراسة أيضا إلى أن البنوك المركزية في دول الأسيان يمكنها تحسين النمو الاقتصادي عن طريق خفض التضخم عندما يكون أعلى أو بالقرب من العتبات المقدرة ويمكن اعتبار مستوى عتبة التضخم كمؤشر لاستهداف التضخم كإجراء للسياسة النقدية.

من الملاحظ ان كل الدراسات التي تم عرضها تناولت حلول لمشكلة التغيرات الهيكلية تعتمد على أساليب تغير من حركة واتجاه المتغير المستقر. اما في هذه الدراسة سيتم استخدام طريقة تضمن المحافظة على نفس حركة واتجاه المتغير المستقل مع التقليص من التغير الهيكلي بالرجوع الي نقطة تضمن اقل متوسط مربعات أخطاء ممكن، مما يجعل هذه الدراسة مختلفة عن الدراسات المعروضة في الادبيات.

نموذج الانحدار متعدد الحدود Polynomial Regression Modal:

يتم صياغة نموذج الانحدار متعد الحدود من الدرجة k وبدلالة متغير مستقل واحد بعدة صيغ منها:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \cdots + \beta_k x_i^k + u_i \qquad (i = 1 ، 2 ، \ldots\ldots n) \qquad (1)$$

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \left(X_i - \overline{X}\right) + \beta_2 \left(X_i - \overline{X}\right)^2 + u_i \qquad (2)$$

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 x_i + b_2 x^2{}_i \quad ، \quad x_i = (X_i - \bar{X}) \qquad (3)$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{\partial y}{\partial x} (b_0 + b_1 x_i + b_2 x^2{}_i + e) \quad ; \quad b_0 + 2b_2 = 0 \qquad (4)$$

حيث تمثل:

$\boldsymbol{Y_i}$: القيمة المشاهدة للمتغير التابع.

$\boldsymbol{X_i}$: القيمة المشاهدة للمتغير المستقل، والتي يفترض ان تكون ثابتة من عينة الى أخرى في نفس المجتمع وان تكون مستقلة عن الخطأ العشوائي U_i.

$\boldsymbol{\beta_0}$: $\boldsymbol{Y_i}$ عندما تكون قيمة المتغير المستقل تساوي صفر.

$\boldsymbol{\beta_1}$: قيمة التغير الحاصل في المتغير التابع $\boldsymbol{Y}$ الناتج من تغيير وحدة واحدة في $\boldsymbol{X}$.

$\boldsymbol{U_i}$: الخطأ العشوائي في المتغير $(\boldsymbol{i})$.

يتم الحصول على نقطة تحول المتغير التابع من تصاعدي الي تنازلي او العكس من خلال التعويض عن قيمة X في معادلة نموذج الانحدار من الدرجة الثانية بالقيمة المثلى بحيث تمثل النقطة:

$$z = (\ \hat{Y}_m = b_0 - \frac{b_1^2}{4b_2}\ ،\ = \frac{-b_1}{2b_2} Xm\ ) \qquad (5)$$

نهاية عظمى إذا كانت إشارة b_2 سالبة ونهاية صغرى إذا كانت إشارة b_2 موجبة. (عبد المنعم، ص400)
كذلك يمكن استنتاج معامل التحديد (R^2) لمعرفة درجة التفسير من خلال الصيغة:
حيث أن:

$$R^2 = \frac{\boldsymbol{SSR}}{\boldsymbol{SST}} = \frac{\sum(\hat{\boldsymbol{Y}}_{\boldsymbol{i}} - \overline{\boldsymbol{Y}})^2}{\sum(\boldsymbol{Y}_{\boldsymbol{i}} - \overline{\boldsymbol{Y}})^2} = \frac{\boldsymbol{b_1^2}\sum(\boldsymbol{X}_{\boldsymbol{i}} - \overline{\boldsymbol{X}})^2}{\sum(\boldsymbol{Y}_{\boldsymbol{i}} - \overline{\boldsymbol{Y}})^2}$$

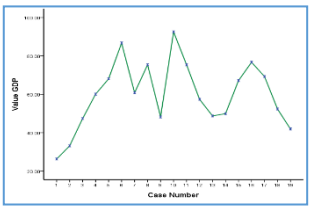
$$SST = \sum(Y_i - \overline{Y})^2 = \sum Y_i^2 - n\overline{Y}^2 ،$$

$$SSE = \left[\sum Y_i^2 - n\overline{Y}^2\right] - \left[b_1^2 \sum(X_i - \overline{X})^2\right] \qquad (6)$$

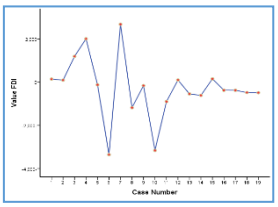
فرضيات الدراسة:

في هذا الجزء تم دراسة العلاقة السببية بين الناتج المحلي الإجمالي GDP $(\boldsymbol{Y})$ وكل من الاستثمار الاجنبي المباشر FDI $(\boldsymbol{x_1})$ والتضخم Inf والبطالة Emp (x_3) باستخدام نموذج الانحدار متعدد الحدود، من خلال تأثير كل متغير على حدى على الناتج المحلي الاجمالي، وذلك على النحو التالي:

الفرضية الفرعية الأولى: يمكن الحد من التغيرات الهيكلية الناتجة عن انحدار الناتج المحلي الإجمالي GDP، على الاستثمار الأجنبي FDI باستخدام نموذج الانحدار كثير الحدود لاختبار هذه الفرضية يتم في المرحلة الاولى رسم الحركة الانتشارية لكل متغير بغرض معرفة الصورة التقريبية لحركة كل منهما، لكي نختار النموذج المناسب للتنبؤ، فكانت على الصورة:



شكل (1): الناتج المحلي الاجمالي



شكل (2): الاستثمار الأجنبي

من خلال الشكلين (1،2) نلاحظ ان حركة المتغيران بها تغيرات هيكلية كبيرة، أي ان نموذج الانحدار الخطي البسيط قد لا يكون هو الاصلح لعملية التقدير للعلاقة، وللتأكد من ذلك تم استخدام تحليل التباين ومنه معامل التحديد، فكانت على الصورة:

جدول رقم (1): تحليل التباين

ANOVA							R^2
Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.	
الخطي	Regression	1447.431	1	1447.431	6.058	0.025	0.263
	Residual	4061.602	17	289.918			
	Total	5509.033	18				
التربيعي	Regression	2419.061	2	1209.531	6.263	0.010	0.439
	Residual	3089.972	16	193.123			
	Total	5509.033	18				
التكعيبي	Regression	0.321	1	0.321	3.541	0.077	0.172
	Residual	1.540	17	0.091			
	Total	1.861	18				

من خلال الجدول (1)، نلاحظ ان مستوى المعنوية المشاهد للنموذج الخطي وللنموذج التربيعي اقل من 5.0%. مما يدل على معنوياتهما، الا ان النموذج التربيعي كان الاكثر تفسيراً للتغيرات التي تحصل في الناتج المحلي الاجمالي لكون معامل التحديد فيه $(R^2 = 0.439)$ هو الاعلى بينهما. عليه تم اعتماد النموذج التربيعي للتنبؤ من خلال ايجاد المتوسط الحسابي للمتغير المستقل ($M = 283.9$) ، ثم طرحه من كل قيم FDI وتربيع النواتج فنحصل على FDI_M.Sq، تم استخدام طريقة Linear Regression لبناء نموذج انحدار GDP على (FDI_M) فكانت على الصورة التالية:

جدول (2): تحليل التباين لتحديد معنوية النموذج المناسب

ANOVA						
Model		**Sum of Squares**	**Df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
FDI_M	Regression	1447.431	1	1447.431	.3610	.5550
	Residual	72112.848	18	4006.269		
	Total	73560.279	19			
FDI_M.Sq	Regression	26978.810	2	13489.405	4.923	.0210
	Residual	46581.469	17	2740.086		
	Total	73560.279	19			

من خلال الجدول (3)، نلاحظ ان مستوى المعنوية المشاهد (p-value=0.555) للنموذج التنبؤ FDI_M كانت اكبر من مستوى المعنوية المحدد $(\alpha = 0.05)$ ، مما يدل على عدم معنويته احصائياً.

اما مستوى المعنوية المشاهد (p-value=0.021) للنموذج (FDI_M. Sq) فقد كان أصغر من مستوى المعنوية المحدد $(\alpha = 0.05)$ ، مما يدل على انه معنوي احصائيا اي انه النموذج المناسب للتنبؤ بوجود العلاقة السببية بين الاستثمار الاجنبي المباشر والناتج المحلي الاجمالي. كذلك تم تقدير معالمه باستخدام اختبار t، تحديد درجة التفسير من خلال معامل التحديد، فكانت النتائج كما بالجدول (3):

جدول رقم (3): نتائج الانحدار

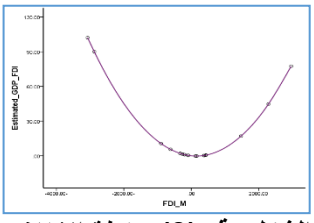
Model	B	T	Sig.
Constant	3.19	2.88	0.045
FDI_M	.030-	.3380-	.7390
M. Sq _ FDI	0.019668	3.052	.0070
R	0.606		
R^2	0.367		

من خلال الجدول (4)، نلاحظ ان (p-value=0.739) لمعامل FDI_M اكبر من 0.05 ، مما يدل على عدم معنويتها. اما (p-value=0.007) لمعامل FDI_M.Sq فقد كان له اصغر من 0.05، مما يدل على معنويتها احصائياً. اي انه هناك علاقة سببية متوسطة القوة وذات شكل مقعر بين الاستثمار الاجنبي المباشر والناتج المحلي الاجمالي قدرها 36.2% من التغيرات الحادثة في GDP والبقية تعزى لعوامل اخرى منها الخطأ العشوائي. كذلك تم تحديد نقطة الانقلاب التي تتحول عندها العلاقة بين معدل الاستثمار الأجنبي المباشر والناتج المحلي الإجمالي من عكسية إلى طردية من خلال التعويض في المعادلة (5)، فكانت على الصورة ($z = (3.423\%, 7.61\%$) وهي تمثل النهاية الصغرى للناتج المحلي الاجمالي يتحول فيها من سلبي الي ايجابي.

عليه، نقبل الفرضية الفرعية الاولى، أي انه يمكن الحد من التغيرات الهيكلية الناتجة عن انحدار الناتج المحلي الإجمالي على الاستثمار الأجنبي باستخدام نموذج الانحدار كثير الحدود. والذي كان على الصورة:

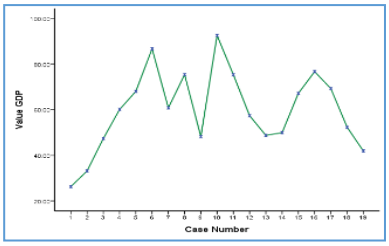
$$\hat{Y} = 3.19 - 0.3\ FDI_M + 0.0\ 19668 FDI_M.\ Sq \qquad (7)$$

ووفق الشكل (3):

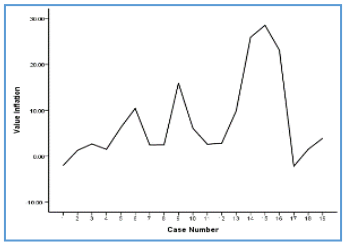


الشكل رقم (3): نقطة الانقلاب

الفرضية الفرعية الثانية: يمكن الحد من التغيرات الهيكلية الناتجة عن انحدار الناتج المحلي الإجمالي GDP، على التضخم Inf باستخدام نموذج انحدار كثير الحدود، لاختبار هذه الفرضية يتم في المرحلة الاولى رسم الحركة الانتشارية لكل متغير بغرض معرفة الصورة التقريبية لحركة كل منهما، لكي نختار النموذج المناسب للتنبؤ، فكانت الاشكال على الصورة:



شكل (4): الناتج المحلي الاجمالي



شكل (5): التضخم

من خلال الشكلين (4،5)، نلاحظ ان حركة المتغيران بها تغيرات هيكلية كبيرة، أي ان نموذج الانحدار الخطي البسيط قد لا يكون هو الاصلح لعملية التقدير للعلاقة، وللتأكد من ذلك تم استخدام تحليل التباين ومنة معامل التحديد، فكانت على الصورة التالية:

جدول رقم (6): تحليل التباين

ANOVA							R^2
Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.	
Inf _M	Regression	194.753	1	194.75	.0480	.820	
	Residual	73365.526	18	4075.86			
	Total	73560.279	19				
Inf _ M.Sq	Regression	34876.522	2	17438.26	7.663	.004	0.422
	Residual	38683.757	17	2275.51			
	Total	73560.279	19				

من خلال الجدول (6) نلاحظ ان مستوى المعنوية للمشاهدة النموذج الخطي أكبر من 5% مما يدل على عدم معنوية النموذج، بينما مستوى المعنوية للنموذج التربيعي أقل من 5% مما يدل على معنويته، إي أن النموذج التربيعي كان أكثر تفسيرا للتغيرات التي تحصل في الناتج المحلي الإجمالي لكون معامل التحديد فيه(R^2 = 0.422) عليه تم اعتماد النموذج التربيعي للتنبؤ من خلال إيجاد المتوسط الحسابي للمتغير المستقل (M = 7.5137 ثم طرحه من كل قيم وتربيع النواتج فنحصل على Inf_M.Sq ثم استخدام طريقة Linear Regression لبناء نموذج انحدار GDP على Inf_M فكانت على الصورة التالية:

جدول (7): تحليل التباين لمعرفة معنوية النموذج المناسب

ANOVA						
Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Inf_M	Regression	194.753	1	194.753	.0480	.8290
	Residual	73365.526	18	4075.863		
	Total	73560.279	19			
Inf_M.Sq	Regression	34876.522	2	17438.261	7.663	.004
	Residual	38683.757	17	2275.515		
	Total	73560.279	19			

من خلال الجدول (7)، نلاحظ ان مستوى المعنوية المشاهد (p-value=0.829) للنموذج التنبؤ Inf_M كانت ا كبر من مستوى المعنوية المحدد $(\alpha = 0.05)$، مما يدل على عدم معنويته احصائياً. اما مستوى المعنوية المشاهد (p-value=0.004) للنموذج Inf_M.Sq فقد كان اصغر من مستوى المعنوية المحدد $(\alpha = 0.05)$ ، مما يدل على انه معنوي احصائياً. اي انه النموذج المناسب للتنبؤ بوجود العلاقة السببية بين التضخم والناتج المحلي الاجمالي. كذلك تم تقدير معالمه باستخدام اختبار t، تخديد درجة التفسير من خلال معامل التحديد، فكانت النتائج كما بالجدول (8):

جدول رقم (8): نتائج الانحدار بين الناتج المحلي والتضخم

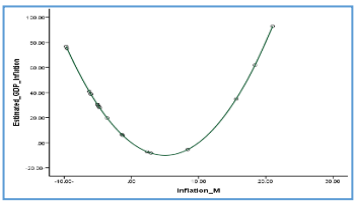
Coefficients			
Model	**B**	**T**	**Sig.**
Constant	3.01	2.34	0.040
Inf_M	-4.009	-2.428	829.0
Inf_M.Sq	.4010	3.904	4.000
R	0.65		
R^2	0.422		

من خلال الجدول (8)، نلاحظ ان (p-value=0.829) لمعامل Inf_M أكبر من 0.05، مما يدل على عدم معنويتها، اما (p-value=0.004) لمعامل Inf_M.Sq فقد كان له أصغر من 0.05، مما يدل على معنويتها احصائياً اي انه هناك علاقة سببية متوسطة القوة وذات شكل مقعر بين التضخم والناتج المحلي الاجمالي ، وان التضخم استطاع ان يفسر ما قيمته 42.2% من التغيرات الحادثة في GDP والبقية تعزى لعوامل اخرى منها الخطأ العشوائي. كذلك تم تحديد نقطة الانقلاب التي تتحول عندها العلاقة من عكسية بين التضخم والناتج المحلي الإجمالي إلى علاقة طردية أو موجبة من خلال التعويض في المعادلة (5)، فكانت على الصورة ($z = (17.035\%، 4.99\%$ وهي تمثل النهاية الصغرى للناتج المحلي الاجمالي يتحول فيها من سلبي الي ايجابي.

من كل ما سبق نجد ان نموذج الانحدار متعدد الحدود للعلاقة السببية بين التضخم والناتج النحلي الاجمالي يكون على الصورة:

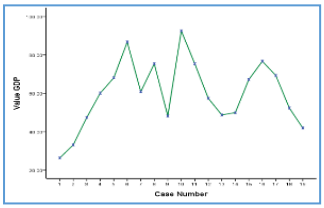
$$\hat{Y} = 3.01 - 4.009\ Inf_M + 0.401 Inf_M.Sq \qquad (8)$$

عليه، نقبل الفرضية الفرعية الثانية، أي انه يمكن الحد من التغيرات الهيكلية الناتجة عن انحدار الناتج المحلي الإجمالي على التضخم باستخدام نموذج الانحدار كثير الحدود. وفقا لشكل رقم (6):

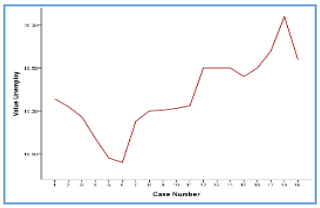


الشكل رقم (6): نقطة الانقلاب

الفرضية الفرعية الثالثة: يمكن الحد من التغيرات الهيكلية الناتجة عن انحدار الناتج المحلي الإجمالي GDP، على البطالة Ump باستخدام نموذج انحدار كثير الحدود، لاختبار هذه الفرضية يتم في المرحلة الاولى رسم الحركة الانتشارية لكل متغير بغرض معرفة الصورة التقريبية لحركة كل منهما، لكي نختار النموذج المناسب للتنبؤ، فكانت الاشكال على الصورة:



الشكل رقم (7): الناتج المحلي الإجمالي



الشكل رقم (8): التضخم

من خلال الشكلين (7،8)، نلاحظ ان حركة المتغير المستقل البطالة اخذت اتجاه تصاعدي، لهذا تم استخدام طريقة Linear Regression لبناء نموذج انحدار الناتج المحلي الاجمالي على البطالة، فكانت على الصورة التالية:

جدول (9): تحليل التباين لتحديد معنوية النموذج المناسب

ANOVA							
Model		**Sum of Squares**	**Df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**	**R^2**
Ump	Regression	67786.892	1	67786.892	211.343	.000	0.922
	Residual	5773.387	18	320.744			
	Total	73560.279	19				

من خلال الجدول (8)، نلاحظ ان مستوى المعنوية المشاهد P-value للنموذج كانت (0.000) أصغر من مستوى المعنوية المحدد، مما يدل على ان النموذج ككل معنوي احصائياً. بعد التأكد من معنوية وقوة النموذج التنبؤ ككل، يجب التأكد من معنوية معالمه ايضاً. وذلك من خلال استخدام اختبار t، فكانت النتائج كما بالجدول (10):

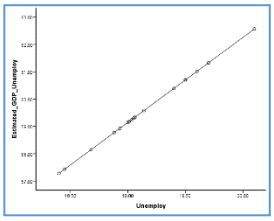
جدول رقم (10): نتائج الانحدار بين الناتج المحلي والبطالة

Coefficients			
Model	**B**	**T**	**Sig.**
Constant	1.5	11.21	0.0012
Ump	3.113	14.538	.0000
R	0.960		
R^2	0.922		

من خلال الجدول (9)، نلاحظ ان p-value لمعامل البطالة كان أصغر من 0.05، مما يدل على انها معنوية احصائياً، أي انه هناك علاقة سببية قوية بين البطالة والناتج المحلي الإجمالي. وان البطالة Ump استطاع ان تفسر ما قيمته 92.2%، من التغيرات الحادثة في GDP الناتج المحلي الإجمالي، والبقية تعزى لعوامل اخرى منها الخطأ العشوائي. عليه فأن المتغير التابع المقدر يكون وفق المعادلة التالية:

$$GDP = 1.5 + 3.113\ Ump \qquad (9)$$

عليه، نرفض الفرضية الفرعية الثالثة، أي انه يمكن الحد من التغيرات الهيكلية الناتجة عن انحدار الناتج المحلي الإجمالي على البطالة باستخدام نموذج الانحدار الخطي البسيط ووفق لشكل (9).



الشكل رقم (9) شكل الانتشاري

من خلال نتائج الفرضيات الفرعية الثلاثة: يمكن الحد من التغيرات الهيكلية الناتجة عن انحدار الناتج المحلي الإجمالي على كل من الاستثمار الأجنبي والتضخم باستخدام نموذج الانحدار كثير الحدود، بينما البطالة اخذه شكل خطي. وبنفس الخطوات السابقة يكون جدول تحليل التباين في حالة ثلاثة متغيرات مستقلة كما هو موضح في جدول (11):

جدول (11): تحليل التباين لتحديد معنوية النموذج

ANOVA						
Model		**Sum of Squares**	**Pdf**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
$(X_{i1} -$ ،FDI_M ، Inf_M ،$\overline{X})^2$ ،Inf_M.Sq Ump	Regression	70603.271	5	14120.654	66.854	.0000
	Residual	2957.008	14	211.215		
	Total	73560.279	19			

من خلال الجدول (11)، نلاحظ ان مستوى المعنوية المشاهد P-value للنموذج كانت (0.000) أصغر من مستوى المعنوية المحدد (a = 0.05)، مما يدل على ان النموذج ككل معنوي احصائياً. وبعد التأكد من معنوية وقوة النموذج التنبؤ ي ككل، يجب التأكد من خلو النموذج من المشاكل القياسية، ومعنوية معالمه أيضاً وذلك من خلال استخدام اختبار t والاختبارات القياسية، فكانت النتائج كما بالجدول (12):

الجدول رقم (12): اختبارات النموذج من المشاكل القياسية

Coefficients					
	Unstandardized Coefficients			**Collinearity Statistics**	
Model	**B**	**T**	**Sig.**	**Tolerance**	**VIF**
FDI_M	.0050-	-1.972-	.0690	.8470	1.181
FDI_M.Sq	2.629E-6	2.414	.0300	.6640	1.506
Ump	2.837	8.590	.0000	.2770	3.610
Inf_M	.2890	.4080	.6890	.2730	3.657
Inf_M.Sq	.0050	.0930	.9280	.1790	5.601

من خلال (12) نلاحظ أن p –value لمعامل { Inf_M.Sq، FDI_M. Sq، Ump } كان اصغر من 0.10 ، مما يدل على انهم معنويين احصائياً عند 10% عليه فأن المتغير التابع المقدر يكون وفق المعادلة التالية:

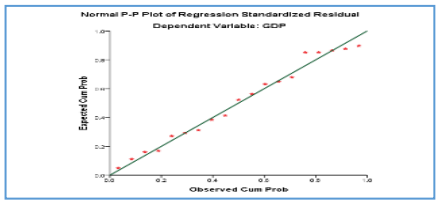
$$\hat{Y} = -0.005 * FDI_M + 0.00000262 * FDI_M.Sq + 0.089\ Inf_M + 0.005 * Inf_M.Sq + 2.83Ump$$

لمعرفة مقدار التفسير الذي احدثه المتغيرات المستقلة Ump ، FDI_M.Sq ، FDI_M ، Inf_M.Sq ، Inf_M في المتغير التابع GDP، تم ايجاد معامل التحديد المفسر (R Square) ، فكانت النتائج كما بالجدول (13):

جدول رقم (13): يوضح مقدار التفسير الذي احدثه المتغيرات المستقلة

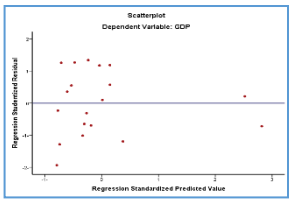
Model Summary				
Model	**R**	**R Square**	**Adjusted R Square**	**Std. Error of the Estimate**
1	.9800	.9600	.9450	14.53323

من خلال الجدول (13)، نلاحظ ان R Square = 0.960، مما يدل على ان FDI_M ، Inf_M.Sq، FDI_M.Sq، Ump ، Inf_M استطاعت ان تفسر ما قيمته 0.960 من التغيرات الحادثة في GDP، والبقية 0.040 تعزى لعوامل اخرى منها الخطأ العشوائي. واخيراً تم اختبار فرضيات النموذج المقدر الذي تحلنا عليه، والتأكد من انه لا يعاني من مشكلة قياسية، وذلك من خلال الاشكال التالية:



الشكل رقم (10) شكل الانتشار لخط الانحدار المقدر

من خلال الشكل (10)، نلاحظ ان البواقي خطية الاتجاه ومتوسطها الحسابي يساوي للصفر تقريباً. اما الشكل (11)، فيمكن من خلاله التحقق من تبوث فرضية تبات التباين للبواقي، اي ان البواقي متجانسة فيما بينها ومتساوية التباين.



الشكل رقم (11) شكل الانتشار

اما الشكل (11) فيمكن من خلاله التحقق من استقلالية البواقي عن بعضها البعض، اي ان البواقي لا تعاني من الارتباط الذاتي، والتغاير بينها معدوم.

نتائج الدراسة:

1. توصلت الدراسة الى وجود علاقة غير خطية بين الاستثمار الأجنبي المباشر FDI والتضخم، Inf كمتغيرات مستقلة، والناتج المحلي الإجمالي GDP كمتغير تابع
2. ومن خلال الشكل الانتشاري لحركة متغير البطالة أخذ اتجاه تصاعدي ولهذا تم تقدير نموذج الانحدار الخطي البسيط له.
3. وتوصل نموذج متعدد الحدود من الدرجة الثانية إلى أن مستوى عتبة التضخم (نقطة الانقلاب أقل من 5.99%) تكون العلاقة عكسية أي تكون أثارها عكسية على النمو الاقتصادي بينما عند هذه النقطة (5.99%) يكون التضخم مؤاتيا للنمو الاقتصادي بمعدل 17.035%.
4. كما أوضحت نقطة الانقلاب عند معدل الاستثمار الأجنبي المباشر (7.61%) من شأنها أن تدفع النمو الاقتصادي إلى حوالي 3.423%.
5. وأوضح نموذج الانحدار متعدد الحدود خلو النموذج القياسي من جميع المشاكل القياسية.
6. النموذج التربيعي معنوي وأكثر تفسيرا لكل من الاستثمار الأجنبي المباشر FDI والتضخم Inf.

الخاتمة:

الدراسات التي تهتم بالاقتصاد القياسي في بعض الاحيان لا تراعي الشكل الانتشاري لبيانات المتغير المستقل عند استخدامها لأسلوب الانحدار من حيث كونه خطي او غير خطي من الدرجة الثانية أو الثالثة أو يأخذ شكل انتشاري عشوائي. مما يترتب عليه تقدير غير دقيق ونتائج منافية للواقعية بعض الشيء.

من اجل ذلك قامت هذه الدراسة على اخذ هذه النقطة بعين الاعتبار عند التحليل ومن ثم معرفة الأسلوب الأمثل لمعالجة الشكل الغير خطي للبيانات ومعالجة ما يصاحبه من تغيرات هيكلية مستخدمين في ذلك أسلوب الانحدار متعدد الحدود.

قائمة المراجع:

1. إبراهيم خويلد، أحمد سلامي، وليد صاحب (2019)، معدلات التضخم المحفزة للنمو الاقتصادي: مقارنة نموذج العتبة من الجزائر، المجلة الجزائرية للتنمية الاقتصادية، المجلد 06 (العدد02)، الجزائر: جامعة قاصدي مرباح ورقلة.
2. السيد، أشرف لطفي، الدمرداش، هاني محمد (2019) " علاقة التضخم بمعدل النمو الاقتصادي في مصر بإستخدام نماذج انحدار الانتقال السلس (STR)" المجلة العلمية للبحوث التجارية، كلية التجارة جامعة المنوفية، العدد الأول.
3. ثروت محمد عبد المنعم (2005) تحليل الانحدار، مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة مصر.
4. وليد محمد السيفو (2010) الاقتصاد القياسي، الشركة العربية المتحدة للتسويق والتوريدات.
5. Arawatari, R. T. Hori, K. Mino, (2018), “on the nonlinear relationship between inflaction and growth: A threretical exposition ", Journal of Monetary Economics
6. Aydin, C, O. Esen, M. Bayrak, (2016), “Inflaction and Economic Growth: A Dynamic Panel Threshold Analysis for Turkish Republics in Transition Process,” Procedia-Social and Behavioral Science, 299.
7. Yemba, B. Kitenge, E., & Woodburne, P. (2020), Non –Linear Effects of Inflaction on Economic Growth in the Democratic Republic of the Congo. South Africa Journal of Economics, 88(4).
8. Dinh, D. V. (2020), Optimal inflaction threshold and economic growth: Ordinal regression model analysis. The Journal of Asian Finance, Economics, and Business, 7(5).
9. Karahan, O. & Colak, O. (2020), I nflaction and Economic Growth in Turkish: Evidence from a Nonlinear ARDL Approach. In Economic and Financial Challenges for Balkan and Eastern European Countries. Springer, Cham.
10. Thanh, S.D. (2015), “Threshold effects of Inflaction on growth in the ASEAN-S Countries: A Panel Smooth Transition regression approach" , Journal of Economics, Finance and Administrative Science, 26.