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: 82-93
Website: https://najsp.com/index.php/home/index
SJIFactor 2024: 5.49 **معامل التأثير العربي (AIF) 2025: 0.69** **ISI 2024: 0.696**

تحليل مشكلة التعدد الخطي وتأثيرها على نموذج الانحدار الخطي المتعدد

فاطمة سالم محمد اقويدر[1*]، حنان يونس اجويلي[2]، صفاء عبدالله عتيق[3]
[1،2،3]قسم الإحصاء، كلية الآداب والعلوم، جامعة بنغازي، المرج، ليبيا

Analysis of the Multicollinearity Problem and Its Impact on the Multiple Linear Regression Model

Fatima Aqwaider[1*], Hanan Ajwaili[2], Safa Atiq[3]
[1,2,3]Department of Statistics, College of Arts and Sciences, University of Benghazi, Al Marj, Libya

*Corresponding author: fatimaekwder@gmail.com

Received: December 17, 2025	Accepted: January 25, 2026	Published: February 3, 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/).

الملخص:
هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على مشكلة التعدد الخطي و اهم الاختبارات المستخدمة في الكشف عن مشكلة التعدد الخطي ومعرفة اسباب هذه المشكلة وتم في هذه الدراسة استخدام بيانات دراسة سابقة حيث تم جمع بياناتها عن طريق الاستبيان وبعد جمع البيانات وتحليلها تبين ان هذه البيانات تعاني من مشكلة التعدد الخطي وفي هذه الدراسة سوف يتم تحليل البيانات واستخدام اختبارات الكشف عن مشكلة التعدد الخطي والمقارنة بين نتائج هذه الاختبارات أظهرت نتائج التحليل الإحصائي للنموذج وجود مشكلة تعدد خطي بين المتغيرات التوضيحية، حيث بينت الاختبارات الثلاثة اختبار Firsch واختبار قلوبر وفرايرز: (Glauber and Farrar) ومعامل تضخم التباين VIFان المتغيرين X5 و X3 هما الأكثر تسببًا في هذه المشكلة. وبناءً على ذلك تم الحذف تدريجيا للمتغيرين من النموذج، مما ساعد على تقليل التداخل بين المتغيرات وتحسين استقرار معاملات الانحدار وبينت نتائج الاختبارات الثلاثة التي استخدمت في الدراسة ان المتغير x5 له الأثر الأكبر في مشكلة التعدد الخطي والمتغير الغير مفيد والذي يعتبر مسبب للمشكلة هو x_3 .

الكلمات المفتاحية: مشكلة التعدد الخطي، اختبار Glauber and Farrar، اختبار (VIF - Variance Inflation Factor).

Abstract:
This study aimed to identify the problem of multicollinearity, the most important tests used to detect it, and the causes underlying this problem. The study utilized data from a previous research project, which were collected through a questionnaire. After collecting and analyzing the data, it was found that the dataset suffers from a multicollinearity problem. Accordingly, the data were analyzed using several diagnostic tests for detecting multicollinearity, and the results of these tests were compared. The statistical analysis of the model revealed the presence of multicollinearity among the explanatory variables. The three diagnostic tests-the Farrar-Glauber test, the Frisch test, and the Variance Inflation Factor (VIF)-indicated that variables X5 and X3 were the main contributors to this problem. Consequently, these variables were gradually removed from the model, which helped reduce intercorrelation among the explanatory variables and improved the stability of the regression coefficients. The results of the three tests used in the study further showed that X5 had the greatest impact on the multicollinearity problem, while X3 was identified as an insignificant variable and a primary source of the problem.

Keywords: Multicollinearity Problem, Glauber and Farrar Test, VIF (Variance Inflation Factor).

مقدمة:

يُعد تحليل الانحدار الخطي المتعدد من الأساليب الإحصائية واسعة الاستخدام والتي تستخدم لإيجاد معادلة رياضية تعبر عن العلاقة بين متغيرين او أكثر وتستعمل هذه المعادلة للتنبؤ بالقيم المستقبلية للبيانات التي نقوم بإجراء دراسة عليها وان دقة هذه المعادلة تعتمد على توافر بعض الفروض.

حيث ان مشكلة التعدد الخطي تعتبر أحد المشاكل التي تظهر في نموذج الانحدار الخطي المتعدد ويتم ملاحظتها عند اختلاف إحدى فرضيات نموذج الانحدار الخطي والتي تؤثر على دقة مقدرات طريقة المربعات الصغرى الاعتيادية وبذلك يصعب تفسير معاملات نموذج الانحدار الخطي المتعدد. وتظهر هذه المشكلة عندما يرتبط اثنان او أكثر من المتغيرات التوضيحية بعلاقة خطية قوية جدا بحيث يصبح من الصعب فصل كل متغير مستقل على المتغير التابع، حيث انه من المعروف ان الاستقلال الخطي يعتبر من اهم شروط التي تقوم عليها طريقة المربعات الصغرى.

أهمية الدراسة (The importance of studying):

تكمن أهمية الدراسة في التعرف علي احد مشاكل تحليل الانحدار الخطي المتعدد وهي مشكلة التعدد الخطي (الارتباط الخطي) التي تظهر في نموذج الانحدار الخطي المتعدد بين المتغيرات المستقلة و الاثار المترتبة من ظهور هذه المشكلة في مقدرات طريقة المربعات الصغرى (OLS) والاختبارات والتعرف علي الطرق المستخدمة في الكشف عن هذه المشكلة.

أهداف الدراسة:(Objective of the study):

- التعريف بمشكلة التعدد الخطي والأثار المترتبة من وجود هذه المشكلة.
- توضيح كيفية استخدام الطرق الإحصائية للكشف عن مشكلة التعدد الخطي.
- الحلول المقترحة لمعالجة مشكلة التعدد الخطي في نماذج الانحدار الخطي المتعدد.

تحليل الانحدار الخطي البسيط (Model simple Regression):

يختص الانحدار الخطي البسيط بإيجاد المعادلة الرياضية التي تربط بين المتغيرين XوY، وسمي بالانحدار الخطي لأن العلاقة خطية (معادلة خط مستقيم) ويتم التأكد من ذلك من رسم شكل الانتشار، وايضا سمي الانحدار البسيط؛ لأنه اختص بدراسة العلاقة بين متغيرين اثنين فقط، ولإيجاد المعادلة التي تربط بين المتغيرين، نحدد اولاً ايهما المتغير التابع ونرمز له بالرمز Y وايهما المستقل ونرمز له بالرمز X.

المعادلة التي تربط بين المتغيرين تسمى معادلة انحدار المتغير التابع Yعلى المتغير المستقل Xويكون شكل معادلة خط الانحدار (المستقيم) للمجتمع على الشكل:

$$Y=\beta_0 + \beta_1 X + e_i$$

نموذج تحليل الانحدار الخطي المتعدد: (Model Multiple Regression)

نموذج الانحدار المتعدد ويسمى أحيانا النموذج الخطي العام هو امتداد للنموذج البسيط حيث انه يتضمن أكثر من متغير مستقل واحد، في حالة النموذج البسيط كان الأمر يعتمد على متغيرين متغير تابع والآخر متغير مستقل، لكن في حالة النموذج العام قد يتضمن عدد من المتغيرات من بينها قد يكون هناك تابع واحد والعديد من المتغيرات المستقلة. يعتبر تحليل الانحدار المتعدد من أكثر أدوات التحليل الإحصائي استخداما، ويهتم نموذج الانحدار المتعدد بتقدير العلاقة بين متغير تابع وعدد من المتغيرات التوضيحية، وبافتراض وجود متغير تابع واحد وعدد k من المتغيرات التوضيحية، فإنه يمكن صياغة النموذج على النحو التالي:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \cdots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i \qquad ; i = 1,2, \dots, n$$

المتغيرات المستقلة هي: X_1 X_2الى X_k حيث $\boldsymbol{\varepsilon_i}$ تعتبر دوما متغيرات عشوائية غير مترابطة بمتوسط صفر وتباين σ^2 . إذا كانت المتغيرات التوضيحية ثوابت محددة أي مقاسة بدون أخطاء فعندئذ هذا النموذج يكون حالة خاصة من النموذج $\mathbf{y = X\beta + \epsilon}$ حيث:

$$\boldsymbol{Y_{n\times 1}} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}, \boldsymbol{X_{n(k+1)}} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \cdots & x_{k1} \\ 1 & x_{12} & \cdots & x_{k2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & \cdots & x_{kn} \end{bmatrix}, \boldsymbol{\beta_{(k+1)\times 1}} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}, \boldsymbol{\varepsilon_{n\times 1}} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}.$$

الفروض الأساسية لنموذج الانحدار الخطي المتعدد:

يعتمد نموذج الانحدار على مجموعة من الفروض يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

1. ان تكون العلاقة بين المتغير التابع والمستقل علاقة خطية.
2. ان يتضمن النموذج المتغيرات المستقلة التي تسهم في تفسير تباين المتغير التابع.
3. ان يكون تباين المتغير المستقل أكبر من الصفر.
4. ان تكون قياس المتغير التابع والمتغيرات المستقلة مقاسة بدقة بدون اخطاء (عدم وجود اخطاء في القياس).
5. ان يكون عدد المشاهدات أكبر من عدد المعالم في النموذج.
6. ان يتبع حد الخطأ التوزيع الطبيعي بمتوسط يساوي صفر وان التباين يكون ثابت.
7. استقلالية حد الخطأ عن قيم المتغير المستقل بمعنى عدم وجود مشكلة عدم التجانس.

8. استقلالية المتغير المستقلة فيما بينها (عدم وجود مشكلة التعدد الخطي).

فرضيات الاختبار:

- الفرض الأول هو فرض العدم H_0: النموذج المقدر غير معنوي.
- الفرض الثاني هو الفرض البديل H_1 النموذج المقدر معنوي.
- فرض العدم ضد الفرض البديل أي أنهُ على الأقل واحدة من معالم النموذج لا تساوي الصفر.

$$F^* = \frac{\left(\frac{SSR}{k}\right)}{\left(\frac{SSE}{n-k-1}\right)} = \frac{\left(\frac{R^2}{k}\right)}{\left(\frac{1-R^2}{n-k-1}\right)} \sim F_{(k,n-k-1)}$$

وفي الحقيقية أن اختبار F يختبر معنوية العلاقة بين المتغيرات التوضيحية والمتغير التابع ولا يختبر معنوية المعالم وعندما يوجد في النموذج أكثر من متغير مستقل فإن اختبارF في هذه الحالة يختبر معنوية جميع معالم النموذج دفعة واحدة.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \cdots \beta_k = 0$$
$$H_1: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \cdots \beta_k \neq 0$$

وفي حالة رفض فرضية العدم ننتقل إلى اختبار معالم النموذج بحيث يتم اختبار معنوية كل معلمة من معالم النموذج بصورة منفصلة عن الأخر، أما إذا لم يتم رفض فرضية العدم فليس هنالك حاجة لاختبار معالم النموذج مما يشير إلى أن النموذج المستخدم غير مناسب.

اختبار معنوية المعالم:

بعد الحصول على نتائج معادلة الانحدار يجب علينا أن نبين هل أن هذه المعاملات مقبولة من الناحية الإحصائية أي معنوية احصائياً مع التنويه بأن المعنوية تكون لكل معاملة على حدة. يستخدم اختبار t لتقييم معنوية تأثير المتغيرات التوضيحية $X_1, X_2, \cdots, X_k$في المتغير التابع y في نموذج الانحدار المتعدد حيث يعتمد على نوعين من الفروض وهي فرضية العدم H_0 ضد الفرضية البديلة H_1 حيث أن:

$$\boldsymbol{H_0: \beta_i = 0} \qquad \boldsymbol{i = 1, \ldots, k}$$
$$\boldsymbol{H_1: \beta_i \neq 0} \qquad \boldsymbol{i = 1, \ldots, k}$$

عند درجة الحرية (n-k-1) ومستوى معنوية $\frac{\alpha}{2}$ وبعد احتساب قيمة (t) تقارن مع قيمة (t) الجدولية لتحديد قبول او رفض فرضية العدم ومن ثم تقييم معنوية معلمات النموذج المقدر.

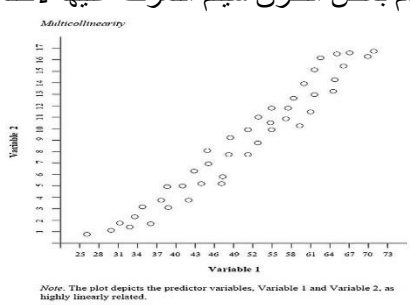
المشكلات الشائعة في نموذج الانحدار الخطي المتعدد وأثرها على دقة التقدير: Common problems in Multiple Linear Regression Models and their impact on Estimation Accuracy:

يُعد تحليل الانحدار الخطي المتعدد من أهم الأساليب الإحصائية المستخدمة في دراسة العلاقة بين متغير تابع وعدة متغيرات مستقلة. فهو يُستخدم على نطاق واسع في مجالات الاقتصاد، والعلوم الاجتماعية، والإدارة، وغيرها، للمساعدة في التنبؤ وفهم العوامل المؤثرة على الظواهر المختلفة.

ومع ذلك، يواجه هذا النوع من التحليل مجموعة من المشكلات الإحصائية والمنهجية التي قد تؤثر على دقة التقدير وصحة النتائج، وبذلك من الضروري التعرف على هذه المشكلات وتحليل تأثيرها لضمان الحصول على نتائج أكثر موثوقية ودقة ومن هذه المشكلات هي:

- **مشكلة عدم تجانس التباين: The problem of heterogeneity of variance**
- **مشكلة الارتباط الذاتي: Autocorrelation problem**
- **مشكلة التعدد الخطي**: (multicollinearity problem)

تحدث مشكلة التعدد الخطي عندما تكون بعض المتغيرات المستقلة في نموذج الانحدار مرتبطة ببعضها بشكل قوي. هذا الارتباط يجعل من الصعب معرفة تأثير كل متغير على النتيجة بدقة. نتيجة لذلك، قد تصبح التقديرات غير دقيقة، وتضعف قدرة النموذج على التنبؤ. لذلك من المهم اكتشاف هذه المشكلة ومعالجتها قبل الاعتماد على نتائج التحليل. وهي **مشكلة مؤثرة في تحليل الانحدار** وان طريقة المربعات الصغرى (OLS) تؤدي الى تباين كبير في تقديرات معاملات الانحدار ولمعالجة هذه المشكلة تم استخدام بعض الطرق سيتم التعرف عليها لاحقاً.



الشكل (1): مشكلة التعدد الخطي

أنواع مشكلة التعدد الخطي:

للتعدد الخطي أنواع منها:

1. **تعدد خطي تام** ويحدث في حالة وجود ارتباط تام بين متغيرين او أكثر من المتغيرات التوضيحية وفي هذه الحالة لا يمكن تطبيق طريقة المربعات الصغرى العادية.
2. **تعدد خطي غير تام** وفي هذا النوع تظهر مشكلة التعدد الخطي إذا كان الارتباط عالٍ او قريب من الارتباط التام سواء كان بين متغيرين من المتغيرات التوضيحية او كل المتغيرات التوضيحية، قد تشترك المتغيرات في ارتباط كبير، أي عندما يتغير أحد المتغيرات، يميل الآخر إلى التغير أيضاً.
3. **التعدد الخطي الهيكلي**: ينشأ هذا النوع من طريقة بناء النموذج أو هيكلة البيانات، وهو ناتج عن إنشاء متغيرات جديدة من متغيرات موجودة بالفعل (مثل أدخال قيم المتغيرات التوضيحية ومن ثم إدخال متغير ثاني يكون نسب او تربيع أحد المتغيرات التوضيحية).
4. **التعدد الخطي العرضي:** ينتج من طبيعة البيانات التي جُمعت (مثال: في الاستبيانات، قد تكون بعض الأسئلة متشابهة جدًا في معناها فينتج ارتباط عالي).

أسباب ظهور مشكلة التعدد الخطي:

1. قلة عدد المشاهدات مقارنة بعدد المتغيرات المتضمنة في النموذج.
2. إدراج متغيرات متباطئة كمتغيرات توضيحية، مثلا إدراج سعر محصول ما لنفس الفترة وسعرها في فترة سابقة كمتغيرين توضيحيين لكمية إنتاج المحصول.
3. ميل بعض المتغيرات للتغير سويا، فمثلا نجد ان متغيرات دخل الموظف وسنوات الخبرة وعمره ومرتباته الوظيفية غالبا ما تتغير سويا ويكون بينها ارتباط موجب قوي.

تأثير مشكلة التعدد الخطي على نموذج الانحدار الخطي المتعدد:

وجود مشكلة التعدد الخطي لهُ تأثيرات خطيرة على تقديرات المربعات الصغرى لمعاملات الانحدار حيث ان الارتباط القوي بين المتغيرات التوضيحية يؤدي الى تباينات وتغيرات كبيرة لمقدرات المربعات الصغرى.

- تحدث تغيرات كبيرة في معاملات الانحدار المقدرة عند إضافة او حذف متغير او عند تعديل او حذف مشاهدة.
- نتائج غير معنوية لاختبارات فردية حول معاملات الخاصة بمتغيرات توضيحية مهمة.
- معاملات انحدار مقدرة اشارتها الجبرية معاكسة تماما لما تتوقعه.

الكشف عن مشكلة التعدد الخطي:

إذا كان لدينا النموذج:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_k x_k + e_i$$

وللتأكد من عدم وجود مشكلة التعدد الخطي بين المتغيرات التوضيحية في هذا النموذج هناك عدة طرق يمكن استخدامها في الكشف عن المشكلة والتي سيتم عرضها على النحو التالي:

- في نموذج الانحدار الخطي المتعدد عندما تكون قيمة معامل التحديد كبيرة $(R^2 > 0.70)$ وكذلك نجد ان قيمة إحصائي الاختبار F كبيرة مما يدل على صلاحية النموذج للتنبؤ، وفي نفس الوقت نلاحظ وجود متغير او أكثر من المتغيرات التوضيحية غير معنوي وفقا لاختبار t.
- النظر إلى معاملات الارتباط بين المتغيرات المستقلة $(r_{x_i x_j})$ إذا كانت قوية يشك في وجود ارتباط خطي بين المتغيرات التوضيحية.
- من خلال حساب قيمة محدد مصفوفة معاملات الارتباط بين المتغيرات التوضيحية.

$$\left|R_{x_i,x_j}\right| = \begin{vmatrix} 1 & r_{x_1,x_2} & r_{x_1,x_3} & \cdots & r_{x_1,x_p} \\ r_{x_1,x_2} & 1 & r_{x_2,x_3} & \cdots & r_{x_2,x_p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{x_p,x_1} & r_{x_p,x_2} & r_{x_p,x_3} & \cdots & 1 \end{vmatrix}$$

إذا كان قيمة المحدد $\left|R_{x_i x_j}\right| = 0$ دل ذلك على وجود ارتباط تام بين المتغيرات.

اختبار قلوبر وفرير (Glauber and Farrar):

يهدف هذا الاختبار إلى تحديد المتغيرات المسببة لمشكلة التعدد الخطي، وذلك من خلال الاستعانة بثلاث أدوات من أدوات التحليل الإحصائي وهي:

1. يتم في البداية الاستعانة باختبار x^2 للكشف عن مدى وجود ظاهرة التعدد الخطي في نموذج الانحدار المتعدد.
2. إذا تم التأكد من وجود المشكلة، تتم الاستعانة باختبار f لتحديد المتغيرات التي يوجد بها المشكلة، ثم تتم الاستعانة باختبار t لتحديد المتغير المسبب للمشكلة. وفقاً للخطوات التالية:

- أختبار x^2 في نموذج الانحدار:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + u_i$$

لمعرفة وجود مشكلة التعدد الخطي بين المتغيرات التوضيحية في النموذج يتم اختبار الفرضية التالية:

1. لا يوجد تعدد خطي بين قيم المتغيرات $H_0: x_i$.
2. يوجد تعدد خطي بين قيم المتغيرات $H_1: x_i$.

تتم عملية قياس التعدد الخطي من خلال التعرف على معاملات الارتباط بين المتغيرات التوضيحية ويمكن الحصول على هذه المتغيرات كتالي:

$$\left|R_{x_i,x_j}\right| = \begin{vmatrix} 1 & r_{x_1,x_2} & r_{x_1,x_3} & \dots & r_{x_1,x_p} \\ r_{x_1,x_2} & 1 & r_{x_2,x_3} & \dots & r_{x_2,x_p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{x_p,x_1} & r_{x_p,x_2} & r_{x_p,x_3} & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

وعلى هذا الأساس فإنه في حالة وجود تعدد خطي تام فإن r_{x_1,x_2}=1 ومحدد المصفوفة يساوي صفر اما في حالة التعامد $r_{x_1,x_2} = 0$ فإن محدد المصفوفة يساوي واحد ومن ذلك نستنتج أنه إذا كانت قيمة محدد المصفوفة بين الواحد والصفر فأنه توجد درجه من التعدد الخطي بين المتغيرات التوضيحية وبالتالي نستخدم اختبار x^2.

$$x^2 = -\left(\boldsymbol{n} - 1 - \frac{1}{6}(2\boldsymbol{k}+5)\,\mathbf{log}_e|\boldsymbol{D}|\right)$$

حيث ان k عدد المتغيرات التوضيحية في النموذج، n حجم العينة، D اللوغاريثم الطبيعي لمحدد مصفوفة معاملات الارتباط الجزئية، x^2 توزيع مربع كاي موزع توزيع طبيعي بدرجات حرية $v = \frac{1}{2}k(k-1)$ وتتم مقارنة قيمة x^2 الجدولية مع القيمة المحسوبة فإذا كانت x^2 المحسوبة اكبر من قيمتها الجدولية نرفض الفرضية الصفرية بمعنى انه توجد مشكلة التعدد الخطي ،اما إذا كانت القيمة المحسوبة لاختبار x^2 اقل من قيمتها الجدولية نقبل الفرضية الصفرية بمعنى عدم وجود مشكلة التعدد الخطي بعد التأكد من وجود التعدد الخطي بين المتغيرات التوضيحية نلجأ الى استخدام اختبار F وذلك لتحديد المتغيرات التي يوجد بها التعدد الخطي وذلك من خلال إيجاد معاملات الارتباط المتعددة بين هذه المتغيرات ومن ثم يتم اختبار الأهمية الإحصائية باستخدام اختبار F وذلك باستخدام المعادلة.

$$\boldsymbol{f_1} = \frac{\boldsymbol{R^2}_{\boldsymbol{x_1 \dots x_5}}/\boldsymbol{k-1}}{\boldsymbol{1-R^2}_{\boldsymbol{x_1 \dots x_5}}/\boldsymbol{n-k}} \quad ,\boldsymbol{f_2} = \frac{\boldsymbol{R^2}_{x_1 \dots x_5}/\boldsymbol{k}-1}{1-\boldsymbol{R^2}_{x_1 \dots x_5}/\boldsymbol{n-k}}$$

فإذا أردنا اختبار ما إذا كانت x_1 مرتبطة مع بقية المتغيرات في النموذج فإن فرض العدم والفرض البديل تكون بالصيغة التالية:

$$H_0: R^2{}_{X_1,X_2,\dots,X_K} = 0$$
$$H_1: R^2{}_{X_1,X_2,\dots,X_K} \neq 0$$

إذا كانت قيمة F المقدرة أكبر من الجدولية دل ذلك على وجود تعدد خطي بين x_1 وبقية المغيرات التوضيحية في النموذج، اما إذا كانت قيمة F المقدرة أصغر من قيمتها الجدولية دل ذلك على عدم وجود مشكلة التعدد الخطي، كذلك بالنسبة لباقي المتغيرات التوضيحية.

اختبار t يهدف الى تحديد المتغير المسبب لمشكلة التعدد الخطي من بين المتغيرات التوضيحية في النموذج وذلك من خلال إيجاد معاملات الارتباط الجزئية بين المتغيرات التوضيحية واختبار أهميتها حيث ان:

$$H_0: r_{ij} \;\; 1,2,3,\dots,k = 0$$
$$H_1: r_{ij} \;\; 1,2,3,\dots,k \neq 0$$

ويمكن كتابة معاملات الارتباط الجزئية كتالي:

$$r_{x_1x_2x_3} = \frac{r_{x_1x_2} - r_{x_1x_3} * r_{x_2x_3}}{\sqrt{(1-r^2_{x_2x_3})(1-r^2_{x_1x_3})}}$$

$$r_{x_1x_3x_2} = \frac{r_{x_1x_3} - r_{x_1x_2} * r_{x_2x_3}}{\sqrt{(1-r^2_{x_2x_3})(1-r^2_{x_1x_2})}}$$

ويكتب اختبار t في الصيغة التالية:

$$t_1 = \frac{r_{x_1x_2x_3}\sqrt{n-k}}{\sqrt{(1-r^2_{x_1x_2x_3}}} \quad \rightarrow n-k \qquad d.f$$

$$t_2 = \frac{r_{x_1x_3x_2}\sqrt{n-k}}{\sqrt{(1-r^2_{x_1x_3x_2}}} \quad \rightarrow n-k \qquad d.f$$

معامل تضخيم التباين (VIF - Variance Inflation Factor):

في نموذج الانحدار الخطي المتعدد من المفترض ان تكون المتغيرات التوضيحية غير مترابطة بدرجة عالية مما يؤدي إلى:

1. تضخم في تقديرات معاملات الانحدار
2. تجد صعوبة في تفسير التأثير الحقيقي في المتغيرات التوضيحية.
3. زيادة في قيمة التباين وضعف في دقة تقدير المعالم.

أهمية استخدام VIF - Variance Inflation Factor:

1. يساعد في تحسين جودة النموذج الإحصائي.
2. يكشف عن المتغيرات التي قد تسبب ربكة في التفسير الاحصائي.
3. يواجه الباحث للتعرف على أي المتغيرات لها الأثر الأكبر في المشكلة ومحاولة تعديله وتقليل التعدد الخطي.

حيث ان **VIF** يحسب من المعادلة:

$$VIF_i = \frac{1}{1 - {R^2}_i}$$

حيث هو معامل التحديد من انحدار المتغير التوضيحي على باقي المتغيرات المستقلة:

قيمة VIF	تحديد المشكلة
$VIF < 5$	لا توجد مشكلة واضحة
$10 < VIF < 5$	يوجد تعدد خطي متوسط
$VIF > 10$	تعدد خطي قوي ويجب التصرف

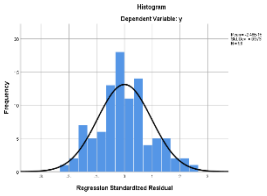
الجانب التطبيقي:

بيانات الدراسة: تم اخذ بيانات الدراسة من دراسة سابقة هذه البيانات تخص الرضا الوظيفي للمعلمين في المدارس العامة بمدينة المرج حيث جمعت البيانات باستخدام استمارة الاستبيان، متغيرات الدراسة هي كتالي:

- Y الرضا الوظيفي هو المتغير التابع
- X1 الإدارة
- X2 الحوافز والترقيات
- X3 بيئة العمل
- X4 التدريب والتأهيل
- X5 الزيارات الإشرافية (الأشراف)

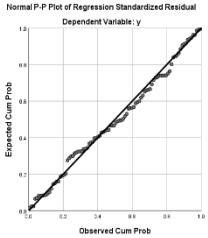
بعد التحقق من شروط الانحدار الخطي المتعدد، يتم شرح طريقة الكشف عن مشكلة التعدد الخطي والاختبارات المستخدمة في الكشف عن هذه المشكلة وكذلك طرق معالجة هذه المشكلة.

اولاَ: التحقق من توافر شروط الانحدار الخطي المتعدد:



الشكل (4): المدرج التكراري للبواقي المعيارية والمتغير التابع

من الشكل (4) نلاحظ ان شكل المدرج التكراري يبين ان البواقي المعيارية تتبع التوزيع الطبيعي وهذا يحقق شرط استخدام نموذج الانحدار الخطي المتعدد.



الشكل رقم (5): مخطط P-P العادي للبواقي المعيارية

نلاحظ من الشكل (5) ان النقاط تنطبق كثيرا على الخط المائل والذي يمثل وجود علاقة خطية بين البواقي المعيارية والمتغير التابع وهذا يحقق الشرط الثاني من شروط نموذج الانحدار الخطي المتعدد.

الجدول رقم (1): نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد

مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F المحسوبة	مستوى الدلالة	معامل التحديد R^2	معامل الارتباط R
18.274	5	3.655	70.121	0.000	0.796	0.89
4.691	90	.052				
22.965	95					

الجدول رقم (2): يوضح النتائج الخاصة بالفرضيات الفرعية لمعاملات نموذج الانحدار

المتغيرات	قيمة t المحسوبة	مستوى المعنوية	قيمة β	القرار
قيمة الثابت	8.284	0.000	1,085	معنوي
الإدارة المدرسية x_1	1.345	.182	.054	غير معنوي
الحوافز المادية x_2	1.381	.171	.087	غير معنوي
بيئة العمل x_3	-2.070-	.041	-.159-	غير معنوي
التدريب والتأهيل x_4	2.931	.004	.142	معنوي
الاشراف x_5	6.070	.000	.518	معنوي

نلاحظ من نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد المتحصل عليها من الجدول (1) والجدول (2) ان قيمة معامل الارتباط عالية وكذلك معنوية نموذج الانحدار الخطي المتعدد بالكامل من قيمة الاختبار فيشير ولكن من نتائج الاختبار(t) لمعاملات نموذج الانحدار الخطي المتعدد وجد ثلاث متغيرات غير معنوية ومتغيرين معنويين مما يدل على وجود مشكلة التعدد الخطي وللكشف عليها ومعرفة اهم أسباب ظهورها نستخدم عدة اختبارات منها:

طريقة فيرسش : Firsch:

ويتم في هذا الاختبار الاستفادة من بعض أدوات التحليل الإحصائي لاختبار إمكانية وجود مشكلة التعدد الخطي، حيث تتم الاستعانة بكل من الانحراف المعياري، معامل الارتباط الجزئي، ومعامل التحديد R^2 مع التأكد على ان أي منهما بصورة منفردة لا يصلح لاتخاذ القرار.

حيث أن القيمة العالية للخطأ المعياري لا تعني بالضرورة وجود مشكلة التعدد الخطي، كما ان قيم المعالم قد تتأثر دون الحاجة إلى وجود تداخل او ترابط مشترك بين المتغيرات المستقلة، وقد تكون قيمة R^2 مرتفعة نسبة إلى معامل الارتباط الجزئي ولكن النتائج قد لا تكون دقيقة وذات معنوية.

خطوات الاختبار:

1. نبدأ بإيجاد انحدار المتغير التابع على كل من المتغيرات التوضيحية كلا على حده، ومن ثم يتم اختيار أفضل المتغيرات الذي يعطي نتائج جيدة.
2. بعد ان يتم تحديد اهم المتغيرات في المعادلة، نبدأ في إدخال بقية المتغيرات
3. ونتفحص تأثير إدخال كل منها على المعالم المقدرة من خلا التأثير على الأخطاء المعيارية وكذلك على R^2 ، ويعتبر المتغير التوضيحي مفيدا او غير مفيد او زائدا وفقا للاتي:
4. يعتبر المتغير التوضيحي المضاف مفيدا إذا أدى إدخاله في المعادلة إلى تحسين قيمة R^2 دون إحداث أية اثار سلبية على قيم المعالم.
5. يعتبر المتغير زائدا إذا لم يؤدي إدخاله إلى ايه احداث إضافية في قيمة معامل التحديد R^2 ولم يؤثر في قيم المعالم المقدرة
6. يعتبر المتغير التوضيحي المضاف غير مفيد إذا أدى إدخاله إلى التأثير سلبيا على قيم المعالم المقدرة.

الجدول (3): يوضح نموذج الانحدار عند إدخال المتغيرات التوضيحية بالتدريج على المتغير التابع

معادلة الانحدار الخطي	قيمة R^2	MSE	تأثير المتغيرات
$y = 1.085 + 0.054x_1 + 0.087x_2 + 0.159x_3 + 0.142x_4 + 0.51x_5$	$R^2 = 0.796$	0,52	
$y = f(x_1) = 1.848 + 0.397x_1$	$R^2 = 0.430$	0,139	
$y = f(x_2) = 1.398 + 0.542x_2$	$R^2 = 0.573$	0,104	
$y = f(x_3) = 1.571 + 0.504x_3$	$R^2 = 0.555$	0,109	
$y = f(x_4) = 1.792 + 0.434x_4$	$R^2 = 0.580$	0,103	
$y = f(x_5) = 1.264 + 0.597x_5$	$R^2 = 0.726$	0,067	
$y = f(x_1, x_5) = 1.153 + 0.106x_1 + 0.517x_5$	$R^2 = 0.743$	0,063	متغير مفيد
$y = f(x_1, x_2, x_5) = 1.007 + 0.064x_1 + 0.419x_2 + 0.181x_5$	$R^2 = 0.77$	0,57	متغير مفيد
$y = f(x_1, x_2, x_3, x_5) =$ $y = 1.027 + 0.064x_1 + 0.528x_2 + 0.187x_3 - 0.121x_5$	$R^2 = 0.77$	0,57	متغير غير مفيد
$y = f(x_1, x_2, x_4, x_5) = y$ $= 0.1052 + 0.054x_1 + 0.382x_2 + 0.090x_4 + 0.125x_5$	$R^2 = 0.78$	0,54	متغير مفيد

من الجدول نجد ان المتغير x_5 هو المتغير التوضيحي الذي اعطى اكبر قوة تفسيرية مع المتغير التابع حيث كانت قيمة $R^2 = 0.73$ وبذلك سوف يتم تثبيت المتغير التوضيحي x_5 ومن ثم يتم إضافة باقي المتغيرات تدريجيا مع ملاحظة التغيرات في قيمة MSE وR^2 وبذلك وجدنا انه عند إضافة المتغير x_1 والذي يمثل (الإدارة) مع المتغير x_5 والذي يمثل (الاشراف) فإن قيمة R^2 تزداد وقيمة MSE تنخفض وبهذا فإن المتغير x_1 يعتبر متغير مفيد ، ثم نضيف الى نموذج الانحدار المتغير x_2 والذي يمثل (الحوافز) مع المتغيرين x_5, x_1 نجد أن قيمة R^2 تزداد وقيمة MSE تنخفض وبهذا فإن المتغير x_2 يعتبر متغير مفيد، ثم نضيف المتغير x_3 الى نموذج الانحدار الخطي مع المتغيرات x_1, x_2, x_5 نجد أن قيمة R^2 وقيمة MSE لم تتغير وبهذا فإن المتغير x_3 يعتبر متغير غير مفيد وبتالي يتم استبعاده من النموذج وإضافة المتغير x_4 مع المتغيرات x_1, x_2, x_5 نجد أن قيمة R^2 تزداد وقيمة MSE تنخفض وبهذا فإن المتغير x_4 يعتبر متغير مفيد أيضا. نستنتج من اختبار *firsch*ان المتغير الأكثر ارتباطا بباقي المتغيرات هو المتغير x_5 والمتغير الغير مفيد والذي يعتبر مسبب للمشكلة هو x_3

اختبار قلوبر وفرير: (Glauber and Farrar):

نظراً لاحتمال وجود علاقات ارتباط قوية بين المتغيرات المستقلة، والتي قد تؤثر سلبا على دقة تقدير النموذج، تم التحقق من وجود مشكلة التعدد الخطي باستخدام بيانات العينة حجمها $n = 96$.

وقد تم ذلك بالاعتماد عل ثلاث أدوات إحصائية: اختبار F لتحديد المتغيرات المسببة، واختبار t لاختبار دلالة الارتباطات الجزئية، وحساب معامل تضخيم التباين (VIF للكشف عن شدة التداخل الخطي).

$$X^2 = -\left(n - 1 - \frac{1}{6}(2k+5)\log_e|D|\right)$$
$$= -\left(96 - 1 - \frac{1}{6}(2(5)+5)\log(0.002837)\right)$$
$$= -(95 - 2.5)(-5.865008123)$$
$$= -(-542.513)$$
$$= 542.513$$

درجة الحرية

$$V = \frac{k(k-1)}{2}$$
$$= \frac{5(5-1)}{2}$$
$$= 10$$

- يوجد ارتباط كبير بين بعض المتغيرات المستقلة حيث الارتباط قوي بين بيئة العمل والاشراف (0.90) من الجدول spss:

اختبار F:

نحدد المتغيرات التي تسبب في وجود مشكلة:

- **الإدارة** X_1 $R^2 = 0.483$
- **الحوافز** X_2 $R^2 = 0.706$
- **البيئة** X_3 $R^2 = 0.823$
- **التدريب** X_4 $R^2 = 0.684$
- **الاشراف** X_5 $R^2 = 0.847$

ومنها يتم ايجاد: f_1, f_2, f_3, f_4, f_5

الإدارة X_1:

$$f_1 = \frac{R^2_{x_1 \dots x_5}/k - 1}{1 - R^2_{x_1 \dots x_5}/n - k} = \frac{0.483}{1 - 0.483} \times \frac{96 - 5}{4} = 21.2$$

الحوافز X_2:

$$f_2 = \frac{R^2_{x_1 \dots x_5}/k - 1}{1 - R^2_{x_1 \dots x_5}/n - k} = \frac{0.706}{1 - 0.706} \times \frac{96 - 5}{4} = 54.6$$

البيئة X_3:

$$f_3 = \frac{R^2_{x_1 \dots x_5}/k - 1}{1 - R^2_{x_1 \dots x_5}/n - k} = \frac{0.823}{1 - 0.823} \times \frac{96 - 5}{4} = 105.8$$

التدريب X_4:

$$f_4 = \frac{R^2_{x_1 \dots x_5}/k - 1}{1 - R^2_{x_1 \dots x_5}/n - k} = \frac{0.684}{1 - 0.684} \times \frac{96 - 5}{4} = 49.24$$

الاشراف X_5:

$$f_5 = \frac{R^2_{x_1 \dots x_5}/k-1}{1-R^2_{x_1 \dots x_5}/n-k} = \frac{0.847}{1-0.847} \times \frac{96-5}{4} = 125.9$$

إيجاد القيمة الجدولية:
(بين المجموعات):

$$df = k - 1 = 5 - 1 = 4$$

(داخل المجموعات):

$$df = n - k = 96 - 5 = 91$$
$$F_{0.05}(4,91) = 2.37$$

بما ان جميع قيم F المحسوبة أكبر من Fالجدولية وعلية نستنتج ان هناك اشتراك خطي بين المتغيرات.

اختبار t لاختبار دلالة الارتباطات الجزئية:

إيجاد الاتي:

- **الحوافز X_2 والادارة X_1 ، البيئة X_3:**

$$r = \frac{0.635 - (0.601 \times 0.685)}{\sqrt{(1-(0.601))^2(1-0.685)^2)}}$$
$$= \frac{0.224}{\sqrt{0.339}} = 0.358$$
$$t_1 = \frac{r\sqrt{n-k}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0.385\sqrt{96-5}}{\sqrt{1-(0.385)^2}} = \frac{3.71}{\sqrt{0.852}} = 3{,}97$$
$$df = n - 5$$
$$= 96 - 5$$
$$= 91$$
$$t_{0.05,91} = 1.66$$

القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية إذا يوجد الارتباط معنوية (الارتباط قوي).

- **الحوافز X_2والتدريب X_4، البيئة X_3:**

$$r = \frac{0.799 - (0.685 \times 0.698)}{\sqrt{(1-(0.685))^2 - (1-(0.698)^2)}}$$
$$= \frac{0.321}{\sqrt{0.272}} = 0.616$$
$$t_2 = \frac{r\sqrt{n-k}}{\sqrt{1-(0.616)^2}} = \frac{5.94}{\sqrt{0.621}} = 7.54$$
$$t_{0.05,91} = 1.66$$

القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية إذا يوجد الارتباط معنوية (الارتباط قوي).

- **الحوافز X_2والاشراف X_5، البيئة X_3:**

$$r = \frac{0.731 - (0.685 \times 0.904)}{\sqrt{(1-(0.685))^2 - (1-(0.904)^2)}}$$
$$= \frac{0.112}{\sqrt{0.097}} = 0.360$$
$$t_3 = \frac{r\sqrt{n-k}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0.360\sqrt{96-5}}{\sqrt{1-(0.360)^2}} = 3.68$$
$$t_{0.05,91} = 1.66$$

القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية إذا يوجد الارتباط معنوي (الارتباط قوي).

- **التدريب X_4 والاشراف، X_5 البيئة X_3:**

$$r = \frac{0.711 - (0.698 \times 0.904)}{\sqrt{1-(0.698))^2(1-(0.904)^2)}}$$
$$= \frac{0.080}{\sqrt{0.094}} = 0.261$$
$$t_4 = \frac{r\sqrt{n-k}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0.261\sqrt{96-5}}{\sqrt{1-(0.261)^2}} = 2.57$$
$$t_{0.05,91} = 1.66$$

القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية إذا يوجد الارتباط معنوي (الارتباط ضعيف).

- **الإدارة X_1والاشرافX_5، التدريبX_4:**

$$r = \frac{0.652 - (0.595 \times 0.711)}{\sqrt{(1-(0.595))^2(1-(0.711)^2)}}$$

$$= \frac{0.229}{\sqrt{0.319}} = 0.405$$

$$t_4 = \frac{r\sqrt{n-k}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0.405\sqrt{96-5}}{\sqrt{1-(0.405)^2}} = 4.22$$

$$t_{0.05,91} = 1.66$$

القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية إذا يوجد الارتباط معنوي (الارتباط).

- **الحوافز X_2والبيئةX_3، التدريبX_4:**

$$r = \frac{0.685 - (0.799 \times 0.698)}{\sqrt{(1-(0.799))^2(1-(0.698)^2)}}$$

$$\frac{0.128}{\sqrt{0.186}} = 0.297$$

$$t_5 = \frac{r\sqrt{n-k}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0.297\sqrt{96-5}}{\sqrt{1-(0.297)^2}} = 2.96$$

$$t_{0.05,91} = 1.66$$

القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية إذا يوجد الارتباط معنوي (الارتباط ضعيف).

- **البيئة X_3والاشرافX_5، التدريب X_4:**

$$r = \frac{0.876 - (0.698 \times 0.711)}{\sqrt{(1-(0.698))^2(1-(0.711)^2)}}$$

$$= \frac{0.379}{\sqrt{0.253}} = 0.753$$

$$t_5 = \frac{r\sqrt{n-k}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0.753\sqrt{96-5}}{\sqrt{1-(0.753)^2}} = 10.9$$

$$t_{0.05,91} = 1.66$$

القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية إذا يوجد الارتباط معنوي (الارتباط قوي).

- **الإدارة X_1والتدريبX_4، الاشرافX_5:**

$$r = \frac{0.595 - (0.652 \times 0.711)}{\sqrt{(1-(0.652))^2(1-(0.711)^2)}}$$

$$= \frac{0.131}{\sqrt{0.284}} = 0.246$$

$$t_5 = \frac{r\sqrt{n-k}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0.246\sqrt{96-5}}{\sqrt{1-(0.246)^2}} = 2.42$$

$$t_{0.05,91} = 1.66$$

القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية إذا يوجد الارتباط معنوي (الارتباط ضعيف).

- **البيئة X_3 والتدريب، X_4 الاشراف X_5:**

$$r = \frac{0.698 - (0.876 \times 0.711)}{\sqrt{(1-(0.876))^2(1-(0.711)^2)}}$$

$$= \frac{0.075}{\sqrt{0.115}} = 0.221$$

$$t_5 = \frac{r\sqrt{n-k}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0.221\sqrt{96-5}}{\sqrt{1-(0.221)^2)}} = 2.161$$

$$t_{0.05,91} = 1.66$$

القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية إذا يوجد الارتباط معنوي (الارتباط ضعيف).

- **الإدارة X_1 والبيئة X_3، الحوافز X_2:**

$$r = \frac{0.514 - (0.483 \times 0.685)}{\sqrt{(1-0.483))^2(1-(0.685))^2}}$$

$$= \frac{0.183}{\sqrt{0.407}} = 0.287$$

$$t_6 = \frac{r\sqrt{n-k}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0.287\sqrt{96-5}}{\sqrt{1-(0.287)^2}} = 2.89$$

$$t_{0.05,91} = 1.66$$

القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية إذا يوجد الارتباط معنوي (الارتباط ضعيف).

- إذا الاشراف (المتغير X_5)هو المسبب الأكثر للاشتراك الخطي بين المتغيرات.
- تم حذف الاشراف من النموذج:

$$y = 1.128 + 0.104x_1 + 0.166x_2 + 0.201x_3 + 0.152x_4$$

$$R^2 = 0.712$$

- الانخفاض في R^2 بسيط ولازال النموذج قوي وهذا يعني ان الاشراف (المتغير X_5) كان فعلا المسبب للمشكلة التعدد الخطي.

الجدول (3): معامل التضخم VIF الجدول التالي يوضح نتائج معامل تضخم التباين

الإدارة X_1	VIF (1,93)
الحوافز X_2	VIF (3,397)
بيئة العمل X_3	VIF (5,650)
التدريب والتأهيل X_4	VIF (3,169)
الاشراف او الزيارات الإشرافية X_5	VIF (6,557)

تشير قيم معامل التضخم التباين VIF الي ان كلا من متغيري بيئة العمل (5.650) والاشراف او الزيارات الإشرافية (6.557) قد تجاوزا الحد المسموح به (VIF > 5) مما يدل على وجود تعدد خطي بين هذه المتغيرات وبقية المتغيرات المستقلة وهو ما قد يؤدي الي تضخم في التباين وضعف في استقرار تقدير المعاملات.
اما باقي المتغيرات فجميعها كانت ضمن الحدود المقبولة (VIF < 5) مما يشير الي عدم وجود مشكلة تعدد خطي بينها.
نعيد تقدير النموذج ولكن بعد حذف تدريجياً للمتغيرات المسببة للمشكلة:

الجدول (4): نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد عند حذف المتغيرات لمسببه لمشكلة التعدد الخطي تدريجيا

مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F المحسوبة	مستوى الدلالة	معامل التحديد R^2	معامل الارتباط R
16.354	4	4.088	56.277	0.000	0.712	0.844
6.611	91	.073				
22.965	95					
نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد بعد حذف x3						
مجموع المربعات	**درجات الحرية**	**متوسط المربعات**	**قيمة F المحسوبة**	**مستوى الدلالة**	**معامل التحديد R^2**	**معامل الارتباط R**
18.051	4	4.513	83,563	0,000	0,786	0,887
4.914	91	.054				
22.965	95					

الجدول (5): نتائج الاختبارات الفرعية لمعاملات نموذج الانحدار الخطي المتعدد

نتائج تحليل الانحدار الخطي بعد حذف x_5					نتائج تحليل الانحدار الخطي بعد حذف x_3				
المتغيرات	**قيمة t المحسوبة**	**مستوى المعنوية**	**قيمة β**	**القرار**	**المتغيرات**	**قيمة t المحسوبة**	**مستوى المعنوية**	**قيمة β**	**القرار**
قيمة الثابت	7.308	**.000**	1.128	**معنوي**	**قيمة الثابت**	7.951	**.000**	1.052	**معنوي**
الإدارة المدرسية x_1	2.239	**.028**	.104	**معنوي**	**الإدارة المدرسية x_1**	1.328	**.187**	.054	**غير معنوي**
الحوافز المادية x_2	2.282	**.025**	.166	**معنوي**	**الحوافز المادية x_2**	1.413	**.161**	.090	**غير معنوي**
بيئة العمل x_3	3.492	**.001**	.201	**معنوي**	**التدريب والتأهيل x_4**	2.577	**.012**	.125	**معنوي**
التدريب والتأهيل x_4	2.673	**.009**	.152	**معنوي**	**الاشراف x_5**	6.916	**.000**	.382	**معنوي**

من الجدولين (4،5) نلاحظ انه عند حذف المتغير x_5 من النموذج فإن قيم معاملات الانحدار تكون افضل من النموذج الذي يضم جميع المتغيرات فنجد ان معاملات الانحدار في النموذج الجديد جميعها معنوية، بينما عند حذف المتغير x_3 فإن قيمة معامل التحديد تزداد و اختبار النموذج أيضا معنوي ولكن معاملات النموذج غير معنوية مما يدل على ان المتغير x_3 يعتبر متغير غير مفيد في النموذج ويمكن الاستغناء عنه.

الجدول رقم (6): النموذج بعد حذف المتغيرين x_3, x_5 معا من نموذج الانحدار الخطي المتعدد.

مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F المحسوبة	مستوى المعنوية	معامل التحديد R^2	معامل الارتباط R
15.468	3	5.156	63.271	0.000	0,70	0,83
7.497	92	.081				
22.965	95					

الجدول رقم (7):

المتغيرات	قيمة β	قيمة t	مستوى المعنوية	القرار
قيمة الثابت	1.267	8.014	0.000	معنوية
الإدارة المدرسية x_1	.144	3.031	00.00	معنوية
الحوافز المادية x_2	.220	2.923	00.00	معنوية
التدريب والتأهيل x_4	.213	3.713	0.000	معنوية

أظهرت نتائج الاختبارات الإحصائية وجود مشكلة تعدد خطي بين المتغيرات التوضيحية، وبعد إجراء الفحوصات تم تحديد المتغيرات المسببة لهذه المشكلة.، وبناءً على ذلك تم حذفها من النموذج، الأمر الذي ساعد على تقليل التداخل بين المتغيرات التوضيحية وتحسين دقة معاملات الانحدار، بالإضافة إلى تعزيز قوة التفسير للنموذج.

الخلاصة:

تم التحقق من وجود مشكلة التعدد الخطي بين المتغيرات التوضيحية باستخدام ثلاثة اختبارات من اختبارات التعدد الخطي وتحصلنا على:

1. اختبار firsch نستنتج من اختبار*firsch*ان المتغير الأكثر ارتباطا بباقي المتغيرات هو المتغير x_5 والمتغير الغير مفيد والذي يعتبر مسبب للمشكلة هو x_3 .
2. اختبار قلوبر وفرير *(Glauber and Farrar):* من خلال تحليل مصفوفة الارتباط، وجد ارتباطات قوية بين بعض المتغيرات التوضيحية وخاصة بين بيئة العمل X_3 والاشراف، X_5 .
3. معامل تضخيم التباين: *VIF -Variance Inflation Factor)*اظهر نتائج *spss* ان بيئة العمل X_3 *(VIF = 5.650)* والاشراف X_5 *(VIF = 6.557)* تجاوزا الحد المقبول(5) مما أكد وجود تعدد الخطي.

بناء على نتائج الاختبارات، تم التأكد من ان بيئة العمل X_3والاشراف او الزيارات الإشرافية X_5 هما أكثر المتغيرات تسبب في مشكلة تعدد الخطي (ترتبط بقوة بباقي المتغيرات).

بعد تحديد اسباب مشكلة التعدد الخطي في النموذج تتم معالجة النموذج بطريقتين وهما حذف المتغيرات المسببة للمشكلة او زيادة حجم العينة من النتائج تحصلنا على نموذج خالي من مشكلة التعدد الخطي بعد حذف المتغير x_5 ،وتبين ان المتغير x_3 غير مفيد لأ النموذج لم يتغير بعد حذفه إذا أظهرت النتائج بعد حذفه تحسن في قيمة معامل التحديد إلا ان معاملات النموذج غير معنوية.

المراجع:

1. الفقية، ياسمينة بوزيد، والقسيسي، محمد عبد الوهاب (2012) مقدمة في الأساليب الإحصائية، دار الكتب الوطنية، جامعة بنغازي، بنغازي، ليبيا.
2. بلبخاري، سامي (2008) استخدام التحليل العاملي للمتغيرات في تحليل استبانات التسويق (مذكرة مقدمة ضمن متطلبات نيل شهادة الماجستير). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية. جامعة العقيد الحاج لخضر. باتنة. الجزائر.
3. بلحسن، سميحة (2012) تأثير جودة الخدمات على تحقيق رضا الزبون (مذكرة مقدمة لاستكمال متطلبات نيل شهادة الماجستير في العلوم التجارية). جامعة قاصدي مرباح. كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير. ورقلة. الجزائر.
4. دريدي، أحلام (2014) "دور استخدام نماذج صفوف الانتظار في تحسين جودة الخدمات الصحية" (رسالة مقدمة كجزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في علوم التسيير). الجزائر.
5. الفاخري، محمود سعيد (2016) "مقدمة في الاقتصاد القياسي "منشورات مركز بحوث العلوم الاقتصادية الطبعة الأولى. الوكالة الليبية للترقيم الدولي الموحد للكتب، دار الكتب الوطنية بنغازي ليبيا.