التحليل العاملي لأدوات القياس ثنائية الإستجابة (صح/خطأ) أو (نعم/لا)

محمد حسين سعيد حسين
أستاذ علم النفس التربوي
كلية التربية جامعة بني سويف

مروة مختار بغدادي
أستاذ علم النفس التربوي
كلية التربية جامعة بني سويف

ملخص: تختلف طريقة تصحيح أدوات القياس في العلوم النفسية والتربوية باختلاف السمة او المجال التي تقيسه، وباختلاف طبيعة عملية القياس التي يتبناها الباحث في ضوء البحوث السابقة. ومن بين طرق التصحيح التي يمكن استخدامها طريقة ليكرت بمستوياته المختلفة؛ الخماسية أو السباعية أو التساعية، كذلك قد تكون أسئلة أو بنود هذه المقاييس من النوع الذي تتطلب الإستجابة عليه بصح/خطأ أو نعم/لا. والدرجات التي يتم الحصول عليها من هذا النوع الأخير من البنود تسمى البيانات الثنائية والتي يتم تصحيحها بصفر في حالة الخطأ أو واحد في حالة الإجابة الصحيحة. وتحتاج مثل هذه الأدوات لأن يتحقق الباحث من خصائصها السيكومترية، والتي يعتبر الصدق والثبات من أهمها. ويعتمد الكثير من الباحثين على استخدام التحليل العاملي الاستكشافي أو التوكيدي في التحقق من صدق هذه الادوات وذلك باستخدام برنامج التحليل الاحصائي SPSS والذي يعتمد على معاملات ارتباط بيرسون بين الفقرات وبعضها، وقد يكون ذلك مناسبا في حالة البيانات التي تتبع مستوى القياس الفئوي أو مستوى النسبة. إلا أنه من الخطأ استخدام التحليل العاملي باستخدام برنامج SPSS مع البيانات الثنائية التي يتم تصحيحها بـ (٠، ١). فمعامل ارتباط بيرسون غير مناسب في هذه الحالة. لذا يجب استخدام معامل ارتباط يناسب البيانات الثنائية وهو معامل الارتباط الرباعي، ثم يتم استخدام مصفوفة الارتباط الناتجة عن هذه الطريقة في إجراء التحليل العاملي، سواء باستخدام برنامج SPSS أو أي برنامج احصائي آخر مثل: برنامج FACTOR أو R أو MPLUS أو LISREL، كذلك يجب استخدام معامل الارتباط الرباعي في حساب الاتساق الداخلي لتلك المقاييس بدلا من معامل ارتباط بيرسون.

الكلمات المفتاحية: التحليل العاملي، الاختبارات النفسية، البيانات الثنائية، معامل الارتباط الرباعي، البرامج الإحصائية.

Factor Analysis of Binary Data (True/False) or (Yes/No) Tools

Mohamed Hussein Saeed Hussein
Professor of educational psychology
Faculty of Education
Beni-Suef University

Marwa Mughtar Boghdady
Professor of educational psychology
Faculty of Education
Beni-Suef University

Abstract: Number of response categories of tools that use to evaluate different aspects of students; social, cognitive, personal and performance skills varies according to characteristic or field that they measure, and according to measurement process nature adopted by the researcher in light of literatures. Among response categories that can be used is Likert method with its various levels; five, seven, or nine. Questions or items of these scales may also be of the type that require a true/false or yes/no answer. Scores obtained from this last type of items are called binary or dichotomous data, which are scored with (0) in the case of an error or (1) in the case of a correct answer. Such tools need the researcher to verify their psychometric properties, the most important of which are validity and reliability. Many researchers rely on the use of exploratory or confirmatory factor analysis to verify the validity of these tools by using SPSS, which relies on Pearson correlation coefficients between measurement tool items and each other. This may be appropriate in the case of data that follows the categorical or the ratio level of measurement. However, it is incorrect to use factor analysis using SPSS with binary data that is corrected by (0, 1). The Pearson correlation coefficient is not appropriate in this case. Therefore, a correlation coefficient that is suitable for binary data must be used, which is tetrachoric correlation coefficient. Then the correlation matrix resulting from this method is used in factor analysis, whether using SPSS or any other statistical program such as: FACTOR, R, LISREL, MPLUS, or LISREL. Also, the tetrachoric correlation coefficient should be used to calculate the internal consistency of these measures instead of the Pearson correlation coefficient.

Keywords: Factor analysis, psychological scales, binary data, dichotomous data, tetrachoric correlation, statistical programs.

مقدمة:

يعتبر القياس والتقويم النفسي والتربوي مجالاً لا غنىً عنه لأي باحث؛ في العلوم الاجتماعية والعلوم الطبيعية على حدٍّ سواء، ولذلك فإن التقدم والتطور في هذا المجال يعد الركيزة الأساسية في تقدم مثل هذه العلوم. ويختلف القياس والتقويم في العلوم النفسية والتربوية عن القياس والتقويم في العلوم الطبيعية، ففي حين أن عملية القياس والتقويم في العلوم الطبيعية تكون محددة وواضحة وموضوعية، ويمكن التحكم في جميع المتغيرات التي يمكن أن تؤثر على نتائج القياس، إلا أنها ليست على نفس الدرجة من الدقة والموضوعية في العلوم التربوية والنفسية؛ نظراً لصعوبة التحكم في جميع المتغيرات التي يمكن أن تؤثر على عملية القياس، ومن هذه المتغيرات؛ ما هو مرتبط بالسمة أو الخاصية المراد قياسها، ومنها ما هو مرتبط بالأفراد الذين تتم عليهم عملية القياس، ومنها ما هو مرتبط بظروف تطبيق أدوات القياس، ومنها ما هو مرتبط بأداة القياس نفسها من حيث مدى دقتها في قياس السمة المراد قياسها ومن حيث ثباتها وصدقها.

يعتبر الثبات والصدق من أهم الخصائص السيكومترية التي يجب توافرها في أي أداة قياس. فأي أداة قياس يجب أن تكون ثابتة وصادقة، لأن ذلك يسهم في حسن تفسير الدرجة التي يحصل عليها الطلاب من جراء تطبيق هذا المقياس أو هذه الأداة. ومن ثم يجب على كل باحث عند إعداده أو بنائه لأي مقياس نفسي أو تربوي التأكد من خصائصه السيكومترية بصفة عامة، وثباته وصدقه بصفة خاصة. ويؤكد علماء القياس النفسي على أن الصدق هو أكثر الخصائص السيكومترية أهمية لأنه يعبر عن قدرة المقياس في قياس ما أعد لقياسه، وهو من الخصائص التي يجب أن تتوفر في أي أداة قياس نفسي أو تربوي. ويمكن تصنيف الصدق إلى ثلاثة أنواع هي: صدق المحتوى وصدق المحك بنوعيه؛ التلازمي والتنبؤي، وصدق البناء والذي يشير إلى الدرجة التي يقيس فيها الاختبار بناءا نظريا أو سمة معينة دون غيرها أو مفهوما دون غيره، ويسمى أحيانا بصدق المفهوم أو صدق التكوين الفرضي، من خلال التحقق التجريبي من مدى تطابق درجات الاختبار مع المفاهيم أو الافتراضات التي تم الاستناد إليها في بناء الاختبار، ويعتمد هذا النوع من الصدق علي التحليل العاملي، والذي

يقوم علي تحليل مصفوفة معاملات الارتباط بين مجموعة من البنود من أجل الوصول إلي العوامل التي أدت إلي إيجاد هذه المعاملات.

مفهوم التحليل العاملي:

طريقة يتم من خلالها حساب معاملات الارتباط البينية لمجموعة من المفردات أو المتغيرات، ثم تحليل هذه المعاملات من أجل الوصول إلي مقدار تشبع كل مفردة بالعامل العام والعوامل الأخرى المشتركة. حيث يدل مقدار تشبع الاختبار بالعامل العام علي صدقه بالنسبة لقياس هذا العامل، وهكذا بالنسبة لبقية العوامل. فالتحليل العاملي أسلوب إحصائي يستهدف تفسير معاملات الارتباطات التي لها دلالة احصائية بين مختلف المتغيرات أو المفردات والبنود بهدف تبسيط الارتباطات بين المتغيرات الداخلة في التحليل وصولا إلى العوامل المشتركة التي تصف العلاقة بين هذه المتغيرات وتفسيرها. لذا فالتحليل العاملي يعد منهجاً إحصائياً لتحليل بيانات متعددة ارتبطت فيما بينها بدرجات مختلفة فى صورة تصنيفات مستقلة قائمة على أسس نوعية للتصنيف.

ويمكن التمييز بين نوعين من التحليل العاملي للمفردات وهما: التحليل العاملي الاستكشافي Exploratory Factor Analysis (EFA) ويستخدم في الحالات التي تكون فيها العلاقات بين المتغيرات والعوامل الكامنة غير معروفة، والتحليل العاملي التوكيدي Confirmatory Factor Analysis (CFA) ويستخدم في اختبار الفرضيات المتعلقة بوجود أو عدم وجود علاقة بين المتغيرات والعوامل الكامنة، كما يستخدم في تقييم قدرة نموذج العوامل على التعبير عن مجموعة البيانات الفعلية، وكذلك في المقارنة بين النماذج المختلفة.

معاملات الارتباط في التحليل العاملي:

عند إجراء التحليل العاملي يتم اختيار عدد من الفقرات المناسبة، ثم حساب معاملات الارتباط بين تلك الفقرات للحصول على عدد من معاملات الارتباط بين الفقرات، حيث يتم وضع هذه المعاملات في مصفوفة تسمى المصفوفة الارتباطية correlation matrix التي يجب أن تتوفر فيها مجموعة من الخصائص لكي تكون مناسبة للتحليل العاملي منها: استخدام معامل الارتباط المناسب لطبيعة الدرجات على المقياس المستخدم، كأن يتم استخدام

معامل ارتباط بيرسون مع البيانات المتصلة. فمن الخطوات الضرورية للتحليل العاملي التأكد من أن مصفوفة معامل الارتباط بين المتغيرات مناسبة لإجراء التحليل العاملي، فكل الخطوات التالية تتوقف على هذه الخطوة؛ فإذا كانت مصفوفة الارتباط غير سليمة أو غير صحيحة أو لا تعبر عن معاملات الارتباط الفعلية بين المتغيرات أو المفردات في التحليل العاملي، فإن كل نتائج التحليل العاملي التالية سوف تكون غير سليمة لأنها مبنية على قيم غير فعلية للعلاقة بين تلك المتغيرات، لأن معاملات الارتباط تمثل أساس تشبعات المفردات على العوامل.

وإذا كانت المتغيرات المستخدمة في التحليل العاملي متغيرات متصلة مثل: مقاييس النسبة ومقاييس المسافة، فإنه لا تكون هناك مشكلة، فالمتغيرات المناسبة للتحليل العاملي تكون متصلة وتتوزع توزيعاً اعتدالياً، وهي نفس شروط استخدام معامل ارتباط بيرسون الذي هو الطريقة الافتراضية لحساب معاملات الارتباط في برنامج SPSS وغيره من البرامج. أما إذا كانت المتغيرات رتبية أو ثنائية مثل أسئلة صح/خطأ أو نعم/لا، فإن حساب مصفوفة معامل الارتباط التي تمثل مدخل التحليل العاملي تعتبر مشكلة لأن الشروط اللازمة لاستخدام معامل ارتباط بيرسون لا تتحقق مع تلك المقاييس؛ وبالتالي فإن حساب معامل الارتباط بين تلك المتغيرات الثنائية باستخدام معامل ارتباط بيرسون يؤدي إلى قيم غير دقيقة عن حجم الارتباط بين تلك المتغيرات أو المفردات.

فأحد الافتراضات الأساسية في التحليل العاملي هو أن تكون المتغيرات من النوع المتصل أو المستمر (الفترة أو النسبة). وفي حالة البيانات الثنائية يجب حساب مصفوفة الارتباطات بين الفقرات باستخدام البرامج المناسبة، ثم استخدام Syntax في برنامج SPSS وهى من المهارات التي تتطلب قدرة خاصة، إلا أنه في كثير من الأحيان يتم استخدام برنامج SPSS في التحليل العاملي لمثل هذه البيانات على الرغم من عدم مناسبتها لعدم امكانية حساب العلاقة بين المتغيرات الثنائية في برنامج SPSS. تفترض الطرق القياسية لإجراء التحليل العاملي (أي تلك المعتمدة على مصفوفة ارتباطات بيرسون) أن المتغيرات مستمرة

وتتبع التوزيع الاعتدالي. فإذا كان النموذج يتضمن متغيرات ثنائية أو ترتيبية، فيمكن إجراء التحليل العاملي باستخدام معامل الارتباط الرباعي Tetrachoric Correlation.

معامل الارتباط الرباعي Tetrachoric Correlation :

يصلح الارتباط الرباعي (ربـ) لقياس التغير الاقتراني القائم بين المقاييس الثنائية. ومن أمثلة ذلك ارتباط اجابات أي سؤال في اختبار ما بإجابات أي سؤال آخر حتى لو كان السؤال الآخر في اختبار آخر. والأصل في متغيرات الارتباط الرباعى أنها متتابعة مثل درجات الطلاب في الاختبارات العقلية وغيرها. وإذا كان لدينا سؤالان س، ص من نوع صح/خطأ أو نعم/لا ويحصل الطالب على الدرجة (٠) في حالة الإستجابة الخاطئة (أو لا) والدرجة (١) في حالة الإستجابة الصحيحة (أو نعم)، وأمكن إعداد جدول كالتالي:

س \ ص	٠	١
٠	أ	ب
١	ج	د

حيث:

أ عدد الطلاب الذين حصلوا على ٠ في السؤالين س، وص.

د عدد الطلاب الذين حصلوا على ١ في السؤالين س، وص.

ب عدد الطلاب الذين حصلوا على ١ في السؤال ص، و ٠ في السؤال س.

ج عدد الطلاب الذين حصلوا على ٠ في السؤال ص، و ١ في السؤال س.

فإنه يمكن حساب معامل الارتباط الرباعي من المعادلة:

$$\text{ربـ} = \text{جتا}\left(\frac{١٨٠}{(١ + \sqrt{\text{أد}/\text{ب ج}})}\right) = \text{جتا}\left(\frac{١٨٠ \times \sqrt{\text{ب ج}}}{\text{أد} + \sqrt{\text{ب ج}}}\right)$$

وعندما تكون قيمة أد أكبر من ب ج فإن قيمة معامل الارتباط الرباعي تصبح موجبة، وعندما تكون قيمة ب ج أكبر من أ د فإن قيمة معامل الارتباط الرباعي تكون سالبة، وفي حالة أ د = ب ج فإن قيمة معامل الارتباط الرباعي = جتا ٩٠ = ٠.

مثال (١) في حالة أد أكبر من ب ج: إذا كان لدينا ٨٧ طالباً أجابوا على سؤالين (ل) و (م) من نوع صح/خطأ (أو نعم/لا) ، وأمكن تلخيص درجات الطلاب كالتالي:

		م = ٠	م = ١
ل	٠	٢٤	٢٠
	١	١٨	٢٥

من الجدول السابق فإن:

أ وهم عدد الطلاب الذين حصلوا على ٠ في السؤالين = ٢٤ طالباً.

د وهم عدد الطلاب الذين حصلوا على ١ في السؤالين = ٢٥ طالباً

ب وهم عدد الطلاب الذين حصلوا على ١ في السؤال م، و ٠ في السؤال ل = ٢٠.

ج وهم عدد الطلاب الذين حصلوا على ٠ في السؤال م، و ١ في السؤال ل = ١٨.

وبالتالي فإن: أد =٢٤×٢٥=٦٠٠ والجذر التربيعي لهذه لقيمة = ٢٤.٤٩٥، ب ج= ٢٠×١٨= ٣٦٠ والجذر التربيعي لهذه لقيمة = ١٨.٩٧٤. وبالتعويض في المعادلة السابقة

$$\text{ر ب} = \text{جتا}\left(\frac{٣٤١٥.٣٢}{٤٣.٤٦٩}\right) = \text{جتا}\,(٧٨.٥٦٩) = ٠.١٩٨$$

مثال (٢) في حالة ب ج أكبر من أد: إذا كان لدينا ٨٧ طالباً أجابوا على سؤالين (ل) و (م) من نوع صح/خطأ (أو نعم/لا) ، وأمكن تلخيص درجات الطلاب كالتالي:

		م = ٠	م = ١
ل	٠	٢٤	١٥
	١	٣٥	١٣

من الجدول السابق فإن:

أ وهم عدد الطلاب الذين حصلوا على ٠ في السؤالين = ٢٤ طالباً.

د وهم عدد الطلاب الذين حصلوا على ١ في السؤالين = ١٣ طالباً

ب وهم عدد الطلاب الذين حصلوا على ١ في السؤال م، و ٠ في السؤال ل = ١٥.

ج وهم عدد الطلاب الذين حصلوا على ٠ في السؤال م، و ١ في السؤال ل = ٣٥.

وبالتعويض في المعادلة السابقة

$$\text{ر ب} = \text{جتا}\left(\frac{٤١٢٤.٣٤}{٤٠.٥٧٧}\right) = \text{جتا}\,(١٠١.٦٤٢) = -٠.٢٠٢$$

حساب معامل الارتباط الرباعي (ر ب) بمعرفة قيمة أد/ب ج من الجداول الإحصائية:

في حالة أد أكبر من ب ج فإنه يمكن معرفة قيمة معامل الارتباط الرباعي (ر ب) مباشرة بمعرفة قيمة أد/ب ج من الجداول الإحصائية، وكذلك في حالة ما إذا كان ب ج أكبر من أد فإن المقدار أد/ب ج يجب استبداله بالمقدار ب ج/أد ووضع إشارة سالبة أمام قيمة معامل الارتباط الرباعي الناتجة من الجدول، أي تصبح قيمة معامل الارتباط الرباعي في هذه الحالة سالبة (فؤدا البهي السيد، ١٩٥٨، ص٢٧؛ Davidoff, & Goheen, 1953). ففي المثال رقم (١) السابق أد أكبر من ب ج، فإن قيمة أد/ب ج= ٦٠٠÷٣٦٠= ١.٦٦٧ وبالرجوع لقيمة معامل الارتباط الرباعي (ر ب) المناظر لتلك القيمة من الجداول الإحصائية = ٠.٢٠ وهي تساوي تقريبا نفس القيمة الناتجة في مثال (١) السابق والتي بلغت (٠.١٩٨). وفي المثال رقم (٢) السابق حيث ب ج أكبر من أد، فإن قيمة ب ج/أد = ٥٢٥÷٣١٢= ١.٦٨٣ وبالرجوع لقيمة معامل الارتباط الرباعي (ر ب) في الجدول السابق المناظر لتلك القيمة يتضح أنها = ٠.٢٠ وبوضع الإشارة السالبة تصبح (-٠.٢٠) وهي تساوي تقريبا نفس القيمة الناتجة في مثال (٢) السابق والتي بلغت (-٠.٢٠٢).

دلالة معامل الارتباط الرباعي:

الدلالة الإحصائية عند مستوى ٠.٠٥ = ١.٩٦ × الخطأ المعياري لمعامل الارتباط الرباعي

الدلالة الإحصائية عند مستوى ٠.٠١ = ٢.٥٨ × الخطأ المعياري لمعامل الارتباط الرباعي

وفي حالة كانت قيمة معامل الارتباط الرباعي (ر ب) أكبر من أو تساوي حد الدلالة الاحصائية عند ٠.٠٥ أو ٠.٠١ تصبح دالة إحصائيا، وإذا كانت أقل تصبح غير دالة إحصائيا. ويتم حساب الخطأ المعيارى لمعامل الارتباط الرباعي (ع ر) الذي تم حسابه في مثال (١) السابق من المعادلة التالية:

$$ع_{ر} = \frac{\sqrt{س \times ش \times ص \times ض}}{ط_{س} \times ط_{ص} \times \sqrt{ن}}$$

حيث: ن هو إجمالي عدد الطلاب وهو في مثال (١) السابق = ٨٧.

س = (أ+ب) ÷ ن وهو في مثال (١) السابق =٤٤÷٨٧= ٠.٥١ .

ش = (ج+د) ÷ ن وهو في مثال (١) السابق = ٤٣÷٨٧= ٠.٤٩.

ص = (أ+ج) ÷ ن وهو في مثال (١) السابق = ٤٢÷٨٧= ٠.٤٨.

ض = (ب+د) ÷ ن وهو في مثال (١) السابق = ٤٥÷٨٧= ٠.٥٢.

طـ الارتفاع الاعتدالي المقابل للنسب الهامشية (س، ش) للمتغير ل ويساوي ٠.٣٩٩

طـ الارتفاع الاعتدالي المقابل للنسب الهامشية (ص، ض) للمتغير ص ويساوي ٠.٣٩٨من الجداول الإحصائية (فؤدا البهي السيد، ١٩٥٨، ص١٧) وبالتعويض في المعادلة السابقة

$$ع_ر = \frac{٠.٢٤٩٧}{١.٤٨١٢} = ٠.١٦٨٦$$

حد الدلالة الإحصائية عند مستوى دلالة ٠.٠٥ = ١.٩٦ × ٠.١٦٨٦= ٠.٣٣

حد الدلالة الإحصائية عند مستوى دلالة ٠.٠١ = ٢.٥٨ × ٠.١٦٨٦= ٠.٤٣

وبمقارنة قيمة معامل الارتباط الرباعي الذي تم حسابه في مثال (١) السابق والذي بلغت قيمته ٠.١٩٨ يتضح أنها غير دالة عند مستوى دلالة ٠.٠١ أو مستوى دلالة ٠.٠٥ لأنها أقل من قيمة حد الدلالة الإحصائية لمعامل الارتباط الرباعي الذي تم حسابه.

البرامج الإحصائية التي تستخدم في حساب معامل الارتباط الرباعي:

برنامج R هو الأكثر انتشاراً بين الباحثين، فى البيئة الأجنبية لأنه يمكنهم من إجراء العديد من التحليلات الإحصائية لتوافر عدة حزم فرعية به، ويمكن للباحثين تحميل نسخة من الرابط https://www.r-project.org، ويمكن استخدام مصفوفة الارتباط الرباعية وحسابها في برنامج R وتصدير البيانات مرة أخرى إلى برنامج SPSS، إلا أن ذلك يمكن أن يصاحبه الكثير من رسائل الخطأ عند التنفيذ. كما يمكن استخدام برنامج FACTOR والذي يمكن تحميله من الرابط http://psico.fcep.urv.es/utilitats/factor، كما يمكن استخدام TETRA-COM Macro لبرنامج SPSS (Lorenzo-Seva & Ferrando, 2012). إلا أنه عند استخدام ماكرو SPSS لحساب الارتباطات الرباعية، يجب مراجعة مستويات الدلالة، لأنها قد تكون غير صحيحة. كما يمكن استخدام برنامج MPLUS لإجراء كل أنواع التحليل وتحديد المتغيرات على أنها ترتيبية. كما يمكن استخدام برنامج STATA، في حساب الارتباطات الرباعية للبيانات الثنائية، ويمكن بعد ذلك استخدام تلك المصفوفة لإجراء

التحليل العاملي الاستكشافي أو التوكيدي. كما يمكن استخدام برنامج VISta في التحليل العاملي للبيانات الثنائية والذي يوفر خيار "الارتباط الرباعي، ويقوم برنامج ViSta-Tetrachor بإجراء الحسابات اللازمة للحصول على معامل الارتباط الرباعي وفترات الثقة له. وهو أسهل في الاستخدام وأكثر دقة من الطرق الأخرى المطبقة في بعض الحزم المستخدمة بشكل متكرر مثل Stata و R ووحدات الماكرو SPSS اللازمة لتقدير الارتباط الرباعي. بالإضافة إلى ذلك، تم دمج ViSta-Tetrachor في نظام إحصائي واسع مع العديد من الوظائف الأخرى ذات الصلة وهو متاح مجانا (Ledesma et al., 2011).

الخاتمة والتوصيات:

في ضوء ما سبق فإنه يجب استخدام التحليل العاملي بنوعيه؛ الاستكشافي والتوكيدى في تقنين أدوات القياس من خلال حساب صدق البنية الداخلية لهذه الأدوات. مع الأخذ في الاعتبار أن المتغيرات المناسبة للتحليل العاملي هي التي تكون متصلة وتتوزع توزيعاً اعتدالياً، وهي نفس شروط استخدام معامل ارتباط بيرسون، الذي هو الطريقة الافتراضية لحساب معاملات الارتباط في برنامج SPSS وغيره من البرامج. أما إذا كانت المتغيرات ثنائية مثل أسئلة صح/خطأ أو نعم/لا، فإنه يجب حساب مصفوفة الارتباطات بين الفقرات باستخدام معامل الارتباط الرباعي، باستخدام البرنامج المناسب مثل: برنامج Stata و R ثم استخدام Syntax في برنامج SPSS، أو اجراء التحليل العاملي مباشرة باستخدام برنامج FACTOR أو برنامج ViSta-Tetrachor. كذلك يجب استخدام معامل الارتباط الرباعي في حساب الاتساق الداخلي لتلك المقاييس ثنائية الاستجابة بدلا من معامل ارتباط بيرسون.

المراجع:

أمحمد بوزيان تيغزة (٢٠١٢). **التحليل العاملي الاستكشافي والتوكيدي: مفاهيمهما ومنهجيتهما بتوظيف حزمة SPSS وليزرل LISREL**. الأردن: دار المسيرة عمان.

صفوت فرج (١٩٨٠). **التحليل العاملي في العلوم السلوكية**. القاهرة : دار الفكر العربي.

فؤاد أبو حطب وآمال صادق (١٩٩١). **مناهج البحث وطرق التحليل الإحصائي في العلوم النفسية والتربوية والاجتماعية**. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.

فؤاد البهي السيد (١٩٥٨).**الجداول الإحصائية لعلم النفس والعلوم الإنسانية الأخرى**. القاهرة: دار الفكر العربي.

فؤاد البهي السيد (١٩٧٩). **علم النفس الإحصائي وقياس العقل البشري**. القاهرة: دار الفكر العربي.

محمد حسين سعيد (٢٠٠١). درجات امتحان الثانوية العامة "دراسة سيكومترية". **رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية** ببني سويف، جامعة القاهرة.

محمد حسين سعيد (٢٠٠٩). صدق الاختبارات التحصيلية المدرسية في مرحلة التعليم قبل الجامعي "دراسة تقييمية". **المجلة المصرية للدراسات النفسية، ١٩**(٦٣)، ٢٢٧-٢٦٠.

مصطفى حسين باهي، محمود عبد الفتاح عنان، حسني محمد عز الدين (٢٠٠٢). **التحليل العاملي النظرية-التطبيق، ط ٢**. القاهرة: مركز الكتاب للنشر.

Davidoff, M. & Goheen, H. (1953). A table for the rapid determination of the tetrachoric correlation coefficient. **Psychometrika, 18**(2), 115-121.

Fabrigar, L., Wegener, D., MacCallum, R., & Strahan, E. (1999). Evaluating the use of Exploratory factor analysis in psychological research. **Psychological Methods, 4**(3),272-299.

Ledesma, R., Macbeth, G., & Valero-Mora, P. (2011). Software for Computing the Tetrachoric Correlation Coefficient **Revista Latinoamericana de Psicología, 43**(1), 181-189.

Lorenzo-Seva, U., & Ferrando, P. (2012). TETRA-COM: A comprehensive SPSS program for estimating the tetrachoric correlation. **Behavior Research Methods, 44**(4), 1191–1196.