المجلة العربية للقياس والتقويم

التحقق من صدق واستقرار نتائج التحليل العاملى عبر العينات: تطبيقات باستخدام حزمة kfa فى برنامج R

إعـــــــــداد

دكتور
محمد عبدالهادى عبد السميع أبوالعلا
أستاذ مشارك، استشارى القياس والإحصاء ومناهج البحث

Dr
Kyle Nickodem
مدير مركز الاستشارات المنهجية والسيكومترية والإحصائية

مركز الاستشارات المنهجية والسيكومترية والإحصائية
جامعة مينيسوتا - الولايات المتحدة الأمريكية

المستخلص:

يُعد تصميم أدوات قياس تتسم بالكفاءة السيكومترية من خلال جمع أدلة الصدق المناسبة لتفسيرات درجات هذه الأدوات أمراً مهماً للثقة فى جودة البيانات التى يتم الحصول عليها، ومن ثم صدق استدلالات الدراسات التى تستخدم فيها هذه الأدوات، ومن بين هذه الأدلة دليل الصدق القائم على البنية الداخلية، والذى يتم جمعه غالباً باستخدام التحليل العاملى بنوعيه الاستكشافى والتوكيدى، ولكن ثمة أكثر التحديات التى تواجه الباحثين هو كيفية إجراء التحليل العاملى الاستكشافى والتوكيدى والتأكد من استقرار البنية العاملية على عينات مختلفة دون الحاجة لتطبيق أداة القياس وجمع البيانات عدة مرات، ومن هنا تهدف الدراسة الحالية إلى عرض مبسط عن مفهوم صدق التفسيرات وأدلته، التحليل العاملى الاستكشافى وبعض القضايا المنهجية المرتبطة به مع توضيح الفرق بينه وبين تحليل المكونات الأساسية، التحليل العاملى التوكيدى، وكذلك عرض مفهوم الصدق عبر العينات وكيفية استخدامه فى التحقق من صدق واستقرار نتائج التحليل العاملى عبر العينات من خلال مثال تفصيلى باستخدام حزمة *kfa* فى برنامج R، وكذلك تفسير تقرير النتائج والاختيار بين النماذج العاملية التى تدعم تفسير الدرجات لاستخدامات محددة، كما تتضمن الدراسة فى نهايتها بعض التوصيات الخاصة باستخدام التحليل العاملى الاستكشافى والتوكيدى فى جمع دليل الصدق القائم على البنية الداخلية.

الكلمات مفتاحية:

صدق تفسيرات الدرجات، دليل الصدق القائم على البنية الداخلية، التحليل العاملى الاستكشافى، تحليل المكونات الأساسية، التحليل العاملى التوكيدى، الصدق عبر العينات

مقدمة

يُعد التأكد من صدق تفسيرات درجات أدوات القياس فى العلوم التربوية والنفسية أمراً ضرورياً للثقة فى الاستدلالات المبنية على نتائج هذه الدراسات، ومن ثم وجب على الباحثين تحديد تفسيرات درجات أدوات القياس بدقة وكذلك أدلة الصدق المستخدمة فى دعم هذه التفسيرات قبل البدء فى تصميم هذه الأدوات، ومن هنا تتضمن هذه الدراسة نبذة مختصرة عن خطوات تصميم أدوات القياس، تعريف الصدق، أدلة صدق التفسيرات، مع التركيز على دليل الصدق القائم على البنية الداخلية لأدوات القياس Validity evidence based on internal structure، نبذة مختصرة التحليل العاملى بنوعيه الاستكشافى أو التوكيدى ومتى يستخدم كل مهما، الفرق بين التحليل العاملى الاستكشافى وتحليل المكونات الأساسية، ثم عرض مفهوم الصدق عبر العينات وكيفية تطبيقه فى التأكد من صدق نتائج التحليل العاملى عبر العينات أو التحقق من استقرار البنية العاملية لأدوات القياس لو تم تطبيق أداة القياس على عينات مختلفة من المجتمع، وأخيراً عرض مثال تطبيقى لمقياسى الاكتئاب والقلق من خلال قاعدة بيانات المسح القومى للمقابلة الصحية وذلك باستخدام حزمة *kfa* فى برنامج R.

خطوات تصميم أدوات القياس فى الجوانب المعرفية والوجدانية

يحتاج تصميم أدوات القياس التى تتسم بصدق وعدالة تفسيرات وثبات درجاتها وقتاً وجهداً وتكلفة كبيرة تفوق تلك التى يتوقعها الباحثون، ومن ثم يجب أن يكون الخيار الأول للباحث هو إيجاد أداة تم تصميمها وتقنينها ومشهود لها بالكفاءة السيكومترية، يليه البحث عن أداة مصممة مع القيام بتعديلها بما يتناسب مع تفسيرات الدرجات والاستخدامات الجديدة المحددة لها، مع ضرورة القيام بجمع أدلة صدق تفسيرات الدرجات التى تناسب تفسيرات الدرجات والاستخدامات الجديدة المحددة من قبل الباحث، أما تصميم أداة جديدة فيجب أن يكون الخيار الأخير للباحث، ولمزيد من المعلومات لتصميم اختبارات الجوانب المعرفية يمكن الرجوع إلى Lane and colleagues (2016)، أما الجوانب الوجدانية فيمكن الرجوع إلى McCoach et al. (2013)، كما يمكن الرجوع لمحمد عبدالهادى عبدالسميع أبوالعلا (٢٠٢٣)، حيث يوجد نبذة مختصرة عن الخطوات الموجودة فى كلا المصدرين السابقين وكذلك كيفية اختيار الباحث

بين أداة قياس موجودة، تعديل أداة قياس معدة مسبقًا، أو تصميم أداة قياس جديدة، والأكثر أهمية هو مدى الثقة فى جودة أداة القياس من خلال جمع أدلة صدق تفسيرات وثبات درجاتها.

الصدق

هو مدى دعم الدليل التطبيقى والنظرية لتفسيرات درجات أدوات القياس لاستخدامها فى أغراض محددة (American Educational Research Association et al, 2014). ونستنتج من هذا التعريف التالى:

- الصدق ليس خاصية من خصائص الاختبار ولكنه يكون لتفسير الدرجات، ولذلك مصطلح "صدق الاختبار" غير دقيق والأكثر دقة هو "صدق تفسيرات درجات الاختبار"
- وجود نظرية ودليل تطبيقى أمراً مهماً لدعم بعض تفسيرات الدرجات حسب الاستخدامات المحددة
- الصدق ليس أنواع ولكنه أدلة تدعم صدق تفسيرات الدرجات؛ ولذلك الأولى أن فى بحوثنا ودراساتنا أن نكتب "أدلة صدق تفسيرات الدرجات"، وليس "أنواع الصدق" كما يتضح لاحقًا.

أدلة صدق تفسيرات درجات أدوات القياس

تضمن كتاب معايير القياس النفسى والتربوى خمسة أدلة لصدق تفسيرات الدرجات تتلخص فى التالى:

١. **دليل الصدق القائم على المحتوى** Validity evidence based on test content

يتم جمع هذا الدليل فى الاختبارات التحصيلية وتلك التى يكون لها محتوى محدد بغرض تقديم دليل على أن الاختبار تضمن محتوى يغطى جوانب المحتوى المراد تعميم تفسيرات الدرجات عليه Construct coverage، ويتم ذلك من خلال التحقق من مدى تمثيل محتوى الاختبار لمجال القياس Domain representation وكذلك ارتباطه هذا المحتوى بالمجال المراد قياسه Domain relevance، وغيرها من جدول المواصفات ودراسة المحاذاة/الاتساق Alignment studies التى تستخدم فى التأكد من أن محتوى الاختبار ممثل لجميع الأهداف التعليمية والمعايير المنصوص عليها فى

المحتوى المراد قياسه، كما أن توثيق الخطوات التفصيلية التى تمت فى هذا الإطار أمراً مهماً للتأكد من استبعاد التأثير السالبى لمصدرين على دليل الصدق القائم على المحتوى وهما:

- التمثيل الغير ملائم لمحتوى المتغير المستهدف قياسه Construct underrepresentation
- التباين الغير مرتبط بمحتوى المتغير المراد قياسه Construct-irrelevant variance

٢. **دليل الصدق القائم على عمليات الاستجابة** Validity evidence based on response processes

تم إضافة دليل الصدق القائم على عمليات الاستجابة فى إصدار كتاب معايير القياس النفسى والتربوى الذى صدر عام ١٩٩٩، وهو من أكثر أدلة صدق تفسيرات الدرجات والذى لا يتم جمعه من قبل الباحثين؛ نظراً لقلة المعلومات المنشورة عنه فى البيئة العربية، وذلك بالرغم من أهميته، وخاصة عندما يتضمن تفسير درجات الاختبار قيام المشاركين ببعض عمليات الاستجابة مثل العمليات المعرفية أثناء أداء المهام الاختبارية، ويتم جمع هذا الدليل من خلال المقابلات المعرفية Cognitive interviews أو بروتوكولات التفكير بصوت مرتفع Thinking aloud protocols أو التقارير التفصيلية لأداء المهام الأخرى مثل كتابة مقال باللغة الإنجليزية، ومثال آخر لذلك اختبار التحصيل فى الرياضيات الذى يتطلب القيام ببعض العمليات المعرفية فى حل المسائل التى تتعلق بقدرة الطلاب على الاستدلال الرياضى.

٣. **دليل الصدق القائم على البنية الداخلية**

يُطلق عليه الصدق البنائى فى بعض الأدبيات الأخرى، وحيث أن هذا الدليل من أدلة الصدق هو محور الدراسة الحالية، سيتم تناوله بالتفاصيل لاحقًا.

٤. **دليل الصدق القائم على الارتباط بمتغيرات أخرى** Validity evidence based on relations with other variables

يُطلق عليه الصدق المرتبط بالمحك فى بعض الأدبيات الأخرى، ويتضمن هذا الدليل أما جمع بيانات أداتى القياس بشكل تزامنى Concurrent أو تطبيق أداة فى وقت

حالى وآخرى فى وقت لاحق من أجل القيام بتفسير الدرجات على القدرة على توقع الأداء فى المستقبل، ويتضمن هذا الدليل التالى:

- **دليل الصدق التقاربى** Convergent validity evidence

يتم جمع هذا الدليل عندما تفترض النظرية أن أداة القياس تقيس سمة مماثلة لتلك التى تقيسها أداة أخرى، ويتم حساب معامل الارتباط بين درجات الطلاب فى أداتى القياس وتفسير القيمة الناتجة.

- **دليل الصدق التمييزى (التباعدى)** Discriminant validity evidence (Divergent)

يتم جمع هذا الدليل عندما تفترض النظرية أن أداة القياس لا تقيس سمة مماثلة لتلك التى تقيسها أداة أخرى، ويتم حساب معامل الارتباط بين درجات الطلاب فى أداتى القياس وتفسير القيمة الناتجة.

- **دليل الصدق التنبؤى Predictive validity evidence**

يتم جمع هذا الدليل فى اختبارات القبول أو الترخيص بمزاولة مهنة محددة لتحديد عما إذا كانت الدرجات التى يحصل عليها الأفراد تنبئ بأدائهم فى المستقبل، وخاصة إذا كان تفسير الدرجات يتضمن ذلك.

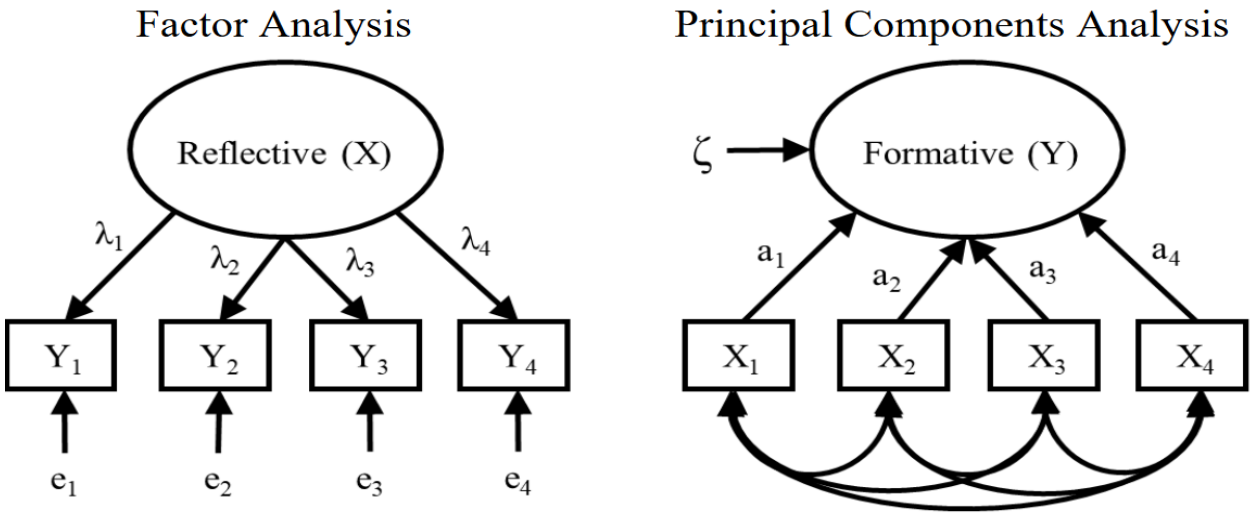
٥. **دليل الصدق المرتبط بالنتائج المترتبة على استخدام درجات الاختبار** Validity evidence based on consequences of testing

يرتبط باستخدام درجات الاختبار نتائج منشودة Intended أو غير منشودة Unintended على الأفراد والمجموعات وغيرها، والغرض من جمع هذا الدليل هو التأكد من أن استخدام درجات الاختبار أدى إلى النتائج المنشودة وقلل من احتمالية النتائج الغير منشودة، وهو بمثابة أهمية كبيرة خاصة فى اختبارات التى لدرجاتها تأثير مباشر على الأفرد High-stakes test، مثل اختبارات القبول، فعلى سبيل المثال لو أن اختبار القبول لكلية الطب Medical College Admission Test (MCAT) أدى لقبول الطلاب من مجموعة ديموغرافية معينة، فلابد من التأكد من تطبيق الاختبار ومحتواه وغيرها من العوامل الأخرى التى أدت إلى هذه النتيجة، لأن الهدف من استخدام درجات الاختبار هو الفرز الدقيق للطلاب وعدم استبعاد مجموعات محددة.

وفى النهاية يُرجى التنويه أنه ليس من الضرورى جمع الأدلة الخمسة لتفسيرات الدرجات لأى أداة قياس يتم تصميمها بل التركيز فقط على تلك التى تدعم تفسير الدرجات التى حددها الباحث قبل الشروع فى تعديل أو تصميم أداة القياس كما تم إيضاحه سابقًا، ولمزيد من المعلومات عن أدلة صدق تفسيرات الدرجات يمكن الرجوع للفصل الأول الخاص بالصدق، وكذلك الفصل الثانى الخاص بثبات الدرجات، والثالث الخاص بعدالة التفسيرات، وذلك من كتاب "معايير القياس النفسى والتربوى" والمتاح تحميله مجانًا من خلال هذا الرابط https://www.testingstandards.net/uploads/7/6/6/4/76643089/standards_2014edition.pdf

دليل الصدق القائم على البنية الداخلية

يمثل هذا الدليل أهمية قصوى إذا كان تفسير درجات أدوات القياس على الأبعاد الفرعية المتوقعة أو المفترضة (النظرية) والمكونة لأداة القياس أو حتى إذا كان تفسير واستخدام درجة أداة القياس على الدرجة الكلية أو كليهما، ومن ثم وجب على الباحثين جمع الدليل التطبيقى الذى يشير إلى أن أداة القياس لها أبعاد فرعية أو درجة كلية أو كليهما، ومن الملاحظ أن العديد من الباحثين يفترض وجود أبعاد ودرجة كلية لأداة القياس ويتم تفسير الدرجة واستخدامها بناءً على ذلك دون جمع دليل تطبيقى من خلال إجراء بعض التحليلات السيكومترية التى تدعم تفسير الدرجة على النحو المحدد من قبل الباحث، ولعل ذلك جوهر مفهوم الصدق وهو تكامل النظرية والدليل التطبيقى لدعم تفسيرات درجات أدوات القياس، ومن أهم التحليلات السيكومترية المستخدمة فى جمع دليل الصدق القائم على البنية الداخلية لأداة القياس هو التحليل العاملى بنوعيه الاستكشافى أو التوكيدى، وفيما يلى نبذة مختصرة عن كل منها مع تناول الفرق بين تحليل المكونات الأساسية والتحليل العاملى الاستكشافى، ولكن قبل ذلك يوضح شكل ١ نموذجى التحليل العاملى وتحليل المكونات الأساسية:



شكل (١) نموذجى التحليل العاملى الاستكشافى وتحليل المكونات الأساسية

يتضح من شكل (١) أن هناك فروق جوهرية بين نموذجى التحليل العاملى وتحليل المكونات الأساسية كالتالى:

- يتبع التحليل العاملى نموذج القياس الانعكاسى Reflective حيث يعكس أو يسهم ما يمتلكه الفرد من العامل الكامن Latent factor (X) فى استجاباته على المؤشرات الملاحظة Observed indicators أو البنود (Y) وهى مؤشرات من داخل الفرد، كما يتضح من اتجاه الأسهم التى توضح العلاقة بين العوامل الكامنة والمؤشرات الملاحظة. **مثال:** أدوات القياس التى تحتوى على مجموعة من البنود لقياس الاندماج السلوكى للطلاب، حيث أن مقدار ما لدى الفرد من هذا البعد يسهم فى استجاباته على البنود المكونة له، وهى بذلك تعبر عن صفات داخلية لدى الفرد.
- يتبع تحليل المكونات الأساسية نموذج القياس التكوينى Formative حيث أن المتغيرات الفرعية أو المؤشرات الملاحظة (X) – وهى متغيرات خارجية – تسهم فى تكوين المكونات الأساسية Principal components (Y)، كما يتضح من اتجاه الأسهم التى توضح العلاقة بين المتغيرات الملاحظة والمكونات الأساسية، ويتضمن الجزء التالى معلومات أكثر تفصيلًا عن التحليل العاملى الاستكشافى وتحليل المكونات الأساسية،

والأخطاء المنهجية الشائعة فى الخلط بينهما، يلى ذلك عن نبذة مختصرة عن التحليل العاملى التوكيدى.

مثال (١): بعض المتغيرات الخارجية عن الفرد مثل متغيرات الحالة الاجتماعية والاقتصادية (نوع السكن – وجود سيارة – إلخ) والتى تسهم فى حساب مكون الحالة الاجتماعية والاقتصادية للأفراد واستخدامها فى تحليلات إحصائية أخرى مثل استخدامها كمنبئات بالتحصيل الدراسى.

مثال (٢): عندما يكون هناك مجموعة من المنبئات فى تحليل الانحدار، ولكن تبين أنها بينها ارتباطات مرتفعة تؤدى إلى تعددية خطية Multicollinearity وبالتالى انتهاك أحد افتراضات تحليل الانحدار، ومن ثم يتم إجراء تحليل المكونات الأساسية بغرض الإتيان بمكونات أساسية تضم كل محموعة من المنبئات المرتبطة لاستخدام درجاتها فى التحليل بدلًا من درجات كل متغير على حدة.

تحليل المكونات الأساسية

يشير تحليل المكونات الأساسية إلى إمكانية تفسير أكبر مقدار من التباين أو التباين الكلى في البيانات في صورة تجمعات خطية غير مرتبطة (مكونات) Uncorrelated linear combinations، حيث أن كل مكون يفسر مقدار من التباين مستقل عن المكون الآخر، والذى يستخدم عندما يكون هناك عدد كبير من المتغيرات والتي يوجد بينها علاقات ارتباطية، حيث يكمن الدور الرئيس لهذا النوع من التحليل في تقليص أو اختصار عدد المكونات وكذلك الاعتمادية الخطية Collinearity في البيانات وذلك من خلال إيجاد تجمعات خطية غير مرتبطة لهذه المتغيرات والتي تسمى مكونات أساسية (Le-Rademacher & Billard, 2017).

وبالتدقيق في هذا الاستخدام الذى تم عرضه مسبقاً نجد أنه يتسق مع الخيار الافتراضى "اختزال البيانات" Data reduction الموجود في برنامج SPSS، وبالتالي يتضح جلياً ضرورة فهم الباحث للخيارات الافتراضية في البرامج الإحصائية، ومن ثم أهمية الفهم المتعمق للأساليب

الإحصائية وكذلك الآلية التي تقوم عليها برمجة البرامج الإحصائية؛ حيث يرى الباحثان أن هذه الطريقة لا تصلح في حالة الكشف عن البنية العاملية كدليل للصدق القائم على البنية الداخلية لأداة القياس؛ نظراً لأن هذه التجمعات الخطية غير المرتبطة لا يمكن أن تكون عوامل للمتغيرات النفسية المستهدفة بالقياس، علاوة على أن الهدف من هذه الطريقة – كما تم التنويه مسبقاً – هو اختزال البيانات وتقليص أو خفض عدد المكونات المستخلصة، **ومن ثم فالسؤال الذى يتبادر إلى الذهن هو هل يهدف الباحث أثناء تصميم أدوات القياس إلى اختزال البيانات أم توظيف نموذج قياس يسهم في تفسير الارتباطات البينية أو التباين المشترك بين بنود أداة القياس؟** ولعل الإجابة الأكثر وضوحاً في هذا السياق هو الرغبة في توظيف نموذج قياس يسهم في تفسير الارتباطات البينية أو إيجاد التباين المشترك بين البنود المكونة لأداة القياس المراد الكشف عن بنيتها العاملية.

الجزء القطرى لمصفوفة معاملات الارتباط

يتكون الجزء القطرى لمصفوفة معاملات الارتباط في تحليل المكونات الأساسية من الواحد الصحيح لأن التباين المعيارى للبند مع نفسه هو الواحد الصحيح، ولعل ذلك يوضح أن التباين المشترك مضافاً إليه تباين الخطأ يدخل ضمن مكونات مصفوفة معاملات الارتباط، ويؤدى ذلك إلى تضخم قيم التشبعات، الشيوع، الجذور الكامنة، ومن ثم نسب التباين المفسر التي لا تعبر عن مدى إسهام التباين المشترك بين البنود بل أيضاً تباين الخطأ، مما ينتج عنه اتخاذ قرارات خاطئة بشأن قيم التشبعات التي تُعد أساساً لقبول البنود، قيم الشيوع وأيضاً نسب التباين المفسر التى يتخذها البعض كمحك لجودة أداة القياس.

تنويه: يُعد استخدام تحليل المكونات الأساسية كتحليل عاملى أو ضمن طرق التحليل العاملى الاستكشافى أحد أهم هذه الأخطاء المنهجية الشائعة بين الباحثين بل وأصبحت ممارسات مقبولة، بالرغم من الفروق المنهجية الكبيرة بينهما، حيث اعتاد العديد من الباحثين على كتابة جملة "**لحساب الصدق العاملى للمقياس تم إجراء التحليل العاملى الاستكشافى باستخدام طريقة المكونات الأساسية**" وذلك أثناء عرض الجزء الخاص بحساب الخصائص السيكومترية لأدوات

القياس ثم القيام بتفسير المكونات الناتجة على أنها عوامل، وكذلك إجراء الإحصاءات المختلفة عليها مما يسهم في عدم الثقة فى نتائج هذه البحوث والدراسات، وبالتالى عدم صدق استدلالاتها Invalidity of study-based inferences، ويُعزى الباحثان انتشار هذه المغالطات إلى أن تحليل المكونات الأساسية هو الخيار الافتراضى Default في الحزمة الإحصائية في العلوم الاجتماعية SPSS وهى الأكثر انتشاراً بين الباحثين في البيئة العربية، علاوة على احتمالية وجود سبب آخر وهو عدم تدريس أسلوب التحليل العاملى في برامج الدراسات العليا بشكل يساعد الباحثين على الفهم المتعمق لمنهجية هذا الأسلوب الأكثر أهمية في مجال تصميم أدوات القياس وحساب خصائصها السيكومترية.

التحليل العاملى الاستكشافى

يستخدم التحليل العاملى الاستكشافى –على الجانب الآخر– كنموذج قياس Measurement model لحساب البنية العاملية لبنود أدوات القياس من خلال إيجاد قيم التباين المشترك Common variance بين البنود وتجميعها في صورة عوامل تسهم في تفسير استجابات الأفراد على هذه البنود، وخاصة فى المراحل الأولية لتصميم أدوات القياس بغرض التعرف على البنية العاملية المكونة لأداة القياس فى حالة عدم وجود نظرية مسبقة، كما يجب التنويه إلى أن الباحث عليه اتخاذ العديد من القرارات الإجرائية أثناء استخدام التحليل العاملى الاستكشافى والتى من بينها:

- **اختيار طريقة استخلاص العوامل**

تتعدد الطرق المستخدمة لاستخلاص العوامل والتى من بينها طريقة الأرجحية العظمى Maximum likelihood والمحاور الأساسية Principal axis factoring، وللاطلاع على تفاصيل طرق استخلاص العوامل، يمكن للباحثين المهتمين مراجعة Tabachnick and Fidell (2013).

- **اختيار طريقة تحديد عدد العوامل**

تتعدد الطرق المستخدمة لتحديد عدد العوامل والتى من بينها محك الجذر الكامن أكبر من ١ والتحليل الموازى وغيرها، ولكن يُوصى بعدم استخدام المحك الأول لأنه يؤدى إلى زيادة عدد العوامل، ولذلك من الضرورى استخدام أكثر من طريقة ومقارنة النتائج، ولمزيد من المعلومات عن طرق تحديد عدد العوامل فى التحليل العاملى الاستكشافى فيمكن الرجوع إلى دراسة .Auerswald and Moshagen (2019)

- **الاختيار بين التدوير (المتعامد/المائل)**

يُستخدم التدوير المتعامد Orthogonal فى حالة كون الأبعاد المكونة لأداة القياس غير مرتبطة، بينما يتم استخدام التدوير Oblique المائل فى حالة كون العوامل المكونة لأداة القياس مرتبطة مثل السمات النفسية والتربوية، ولمزيد من المعلومات حول اختيار الطريقة الأفضل لتدوير المحاور فى التحليل العاملى الاستكشافى، يمكن الرجوع إلى محمد عبدالهادى عبدالسميع (٢٠٢٠).

- **اختيار طريقة تقدير معالم النموذج**

تتعدد الطرق المستخدمة فى تقدير معالم النموذج، مع ضرورة التنويه إلى استخدام الطريقة التى تناسب طبيعة البيانات، ففى حالة البيانات المتصلة Continuous data يمكن استخدام طريقة الأرجحية العظمى أو أحد أنواعها الأخرى التى تعطى قيم أدق للخطأ المعيارى مثل Maximum likelihood mean- and variance-adjusted test statistic (MLMVA)، أما فى حالة البيانات الرتبية فتلائمها طريقة المربعات الصغرى الموزونة للمتوسطات والتباين Weighted least squares mean- and variance-adjusted test statistic (WLSMV) والمتاحة فى برنامجى Mplus وR، حيث تعطى تقديرات غير متحيزة لمعالم النموذج (Beauducel & Herzberg, 2006)، ولمزيد من المعلومات يمكن مراجعة الجزء الخاص بطرق تقدير معالم النموذج المتاحة فى حزمة lavaan (Rosseel, 2012).

- **معالجة البيانات المفقوده**

تمثل ظاهرة البيانات المفقودة أحد التحديات التى تواجه الباحثين أثناء تحليل البيانات، حيث يتطلب منهم اتخاذ قرارات ملائمة طبقًا لنوعية فقدان هذه البيانات سواء بشكل عشوائى تماماً Missing completely at random، بشكل عشوائى Missing at random، أو بشكل غير عشوائى Not missing at random، ومن ثم يتم معالجة القيم المفقودة بأحد الطرق التالية:

- حذف جميع الصفوف التى بها بيانات مفقودة Listwise deletion أو المستجيبين الذين لم يستجيبوا على جميع بنود أداة القياس، وخاصة إذا كانت نسبتهم لا تتخطى ٥٪
- حذف جميع الصفوف التى بها بيانات مفقودة فى المتغيرات المتضمنة فى التحليل فقط Pairwise deletion، وهذا يؤدى إلى اختلاف حجم العينة فى التحليلات المختلفة التى تتم على نفس قاعدة البيانات
- إحلال البيانات المفقوده بقيم تقديرية Imputation، ومن أفضل الكتب التى تناولت البيانات المفقودة بشكل تطبيقى كتاب Enders (2022)، كما يوجد موقع إلكترونى لهذا الكتاب المتميز والمتاح على هذا الرابط https://www.appliedmissingdata.com/

يحتاج الباحث أيضًا اتخاذ العديد من القرارات الخاصة بتفسير الحلول العاملية الناتجة ومنها:

- **اختيار النموذج العاملى**

يمثل اختيار النموذج العاملى أحد أهم القرارات التى يتخذها الباحث، فقد يختار بين النموذج الذى له مؤشرات جودة المطابقة جيدة والقابل للتفسير، ولكن أحيانًا النموذج القابل للتفسير يكون ليس له مؤشرات جودة مطابقة جيدة، وفى هذا السياق يجب على الباحث أن يتخذ القرار المناسب طبقًا لفهمه لأدبيات السمة المقاسة وتفسير درجات أداة القياس واستخداماتها.

- **درجة قطع قيم تشبعات البنود وكذلك التشبعات المشتركة**

بالرغم أنه لا توجد توصيات عامة متفق عليها بين جميع الباحثين فيما يتعلق بحجم التشبعات المقبولة، إلا أنه أشار Preacher and MacCallum (2003) إلى أن قيم التشبعات التى تزيد عن ٠.٣٠ أو ٠.٤٠ تُعد مقبولة فى بعض المجالات، كما قدّم Comrey and Lee (1992) توصيات أكثر تفصيلًا طبقًا لما ورد فى Tabachnick and Fidell (2007) بأن قيم التشبعات التى تتراوح بين ٠.٣٢ و ٠.٤٤ تُعد ضعيفة، وتلك التى تتراوح بين ٠.٤٥ و ٠.٥٤ تُعد مقبولة، بين ٠.٥٥ و ٠.٦٢ تُعد جيدة، وبين ٠.٦٣ و ٠.٧٠ تُعد جيدة جداً، كما أن التشبعات التى تزيد عن ٠.٧٠ تُعد ممتازة.

- **درجة القطع الخاصة بقيم معاملات الارتباط بين العوامل**

تميل العوامل المكونة للسمات النفسية إلى أن تكون مرتبطة، ولكن عندما تتكون البنية العاملية لأداة القياس من أكثر من عامل، فيجب فحص مصفوفة معاملات الارتباط بين هذه العوامل، فإذا زاد معامل الارتباط عن ٠.٨٠ أو خاصة ٠.٩٠ فإن ذلك يدل على أن أى عاملين بينهما ارتباط ٠.٩٠فأكثر هما فى الأصل عامل واحد، بما يشير إلى أن الحل العاملى لا يمثل البيانات بشكل دقيق.

حجم العينة

يمثل تحديد حجم العينة أو عدد المشاركين المطلوب لإجراء التحليل العاملى خطوة مهمة أثناء وضع الخطة العامة لتصميم أدوات القياس وجمع أدلة صدق تفسيرات الدرجات، مع ضرورة التنويه إلى أنه لا توجد قاعدة عامة اتفق عليها الباحثين لحجم العينة المطلوب لإجراء التحليل العاملى، ولكن توجد بعض التوصيات والتى من بينها:

- **عدد محدد للمشاركين**

يشير Comrey and Lee (1992) إلى أن حجم العينة الذى يساوى ١٠٠، ٢٠٠، ٣٠٠، ٥٠٠، ١٠٠٠ فأكثر يمثل على الترتيب حجم عينة غير ملائم، مقبول، جيد، جيد جداً، ممتاز.

- **نسبة عدد المشاركين:عدد البنود**

اختلفت توصيات الباحثين فى هذا الصدد، حيث أشار Child (2016) إلى الحاجة إلى خمسة مشاركين مقابل كل بند (١:٥) بحيث لا يقل حجم العينة الكلى عن ١٠٠ مشاركاً، فى حين أشار بعض الباحثين إلى الحاجة إلى عشر مشاركين (١:١٠) أو عشرين مشاركًا مقابل كل بند من بنود أدوات القياس (١:٢٠).

- **نسبة عدد البنود:عدد العوامل**

تستخدم دراسات المحاكاة فى تحديد عدد العينة المطلوب فى حالة استخدام جودة البنود مع تغيير قيم التشبعات والشيوع وكذلك عدد البنود بالنسبة للعامل، ومعرفة عدد المشاركين المطلوب فى كل حالة، مع ضرورة التنويه إلى أنه كلما زادت جودة البنود، كلما قل حجم العينة المطلوب كما تم التنويه مسبقًا، ولعل ذلك يُعد سببًا آخر لبذل مزيد من الجهد لكتابة بنود جيدة لأداة القياس من خلال المراجعة المتأنية لخبراء المحتوى والتأكد من أن هذه البنود تمثل محتوى السمة المستهدفة بالقياس ومرتبطة به ارتباطًا وثيقًا.

- **حجم العينة فى دراسات الصدق عبر العينات**

تختلف القواعد الخاصة بحجم العينة فى حالة إجراء التحليل العاملى بمنهجية K-fold والتى سيتم تناولها لاحقًا، حيث أشارت دراسات المحاكاة إلى أن يكون الحد الأدنى لكل fold ٢٠٠ مشاركًا (Curran et al., 2003).

ملخص الفروق الجوهرية بين تحليل المكونات الأساسية والتحليل العاملى الاستكشافى

١. يهدف تحليل المكونات الأساسية إلى تفسير أكبر قدر من التباين بين مجموعة من المتغيرات سواء كان هذا التباين مشترك أو تباين يرجع إلى كل إسهام كل متغير بمفرده في صورة مكونات، بينما الهدف من التحليل العاملى الاستكشافى هو تفسير التباين المشترك بين مجموعة من البنود في صورة عوامل.

٢. يكمن الاستخدام الأساسى لتحليل المكونات الأساسية في اختزال البيانات في صورة مكونات تستخدم في تحليلات لاحقة مثل تحليل الانحدار والتحليل التمييزى وتحليل التجمعات، بينما يكمن الاستخدام الأساسى للتحليل العاملى الاستكشافى في إيجاد البنية العاملية لأدوات القياس عندما لا يكون لدى الباحث نظرية مفترضة للبنية العاملية المكونة لأداة القياس.

٣. يمكن القول أن تحليل المكونات الأساسية هو نموذج إحصائي Statistical model يهدف إلى اختزال البيانات، التحليل العاملى الاستكشافى هو نموذج قياس يهدف إلى تفسير العلاقات البينية Interrelationships بين المتغيرات/البنود.

٤. يعتمد إجراء التحليلين على مصفوفة التباين والتغاير Variance-covariance matrix ولكن تُستبدل بمصفوفة معاملات الارتباط Correlation matrix لبساطتها، نظراً لأن الارتباط هو التغاير في صورته المعيارية Standardized؛ علاوة على أن استخدام مصفوفة التباين والتغاير يتطلب أن يكون تم قياس جميع البنود بنفس مستوى القياس أو وحدة القياس Metric.

٥. يعتمد تحليل المكونات الأساسية على مصفوفة معاملات الارتباط التي تحتوى على ١ في الجزء القطرى من المصفوفة كقيم أولية لتشعبات البنود قبل البدء في تدوير المحاور، بينما يعتمد التحليل العاملى الاستكشافى على مصفوفة معاملات الارتباط التي تحتوى على مربع معامل الارتباط المتعدد Squared multiple correlation في الجزء القطرى من المصفوفة كقيم أولية لتشعبات البنود قبل البدء في تدوير المحاور، وهو عبارة عن معامل التحديد $ر^{٢}$ لإمكانية التنبؤ بالبند بمعلومية باقى البنود.

٦. المكونات عبارة عن تجمعات خطية للبنود في تحليل المكونات الأساسية، بينما في التحليل العاملى فإن المتغيرات/البنود عبارة تجمعات خطية للعوامل بالإضافة إلى مكون الخطأ، ولمزيد من المعلومات عن الفروق بين تحليل المكونات الأساسية والتحليل العاملى الاستكشافى، يمكن الرجوع لدراسة Joliffe (1992).

التحليل العاملى التوكيدى

يُستخدم التحليل العاملى التوكيدى عندما يكون هناك نظرية تم تصميم أداة القياس فى ضوء أبعادها، مثل السمات الخمس الكبرى للشخصية، حيث يكون الهدف هو التأكد من أن بنود أداة القياس تقيس الأبعاد المفترضة لها، أى أنه يتم تحديد أى البنود تتشبع على أى أبعاد Constrained model، وذلك على عكس التحليل العاملى الاستكشافى الذى تتشبع فيه البنود على أى عامل أو عوامل (تشبعات مشتركة)، أى أن النموذج فى الأخير غير مقيد Unconstrained model، ولمزيد من المعلومات عن التحليل العاملى التوكيدى، يمكن الرجوع لكتاب Brown (2015).

تنويه: لا يمكن استخدام التحليل العاملى الاستكشافى بمفرده فقط إلا أثناء الدراسات الاستطلاعيه للتعرف على العوامل المحتملة المكونة للمقياس، ولكن لا يمكن الاعتماد عليه والثقة فى البنية العاملة التى تم التوصل إليها بناءً على نتائجه فقط، أى أنه لا يمكن الاكتفاء به فى جمع دليل الصدق القائم على البنية الداخلية لأدوات القياس، ولكن لابد من التأكد من النموذج من خلال التحليل العاملى التوكيدى على عينه منفصله Bandalos (2018)، **حيث أنه من الأخطاء المنهجية الشائعة بين الباحثين هو إجراء التحليلين الاستكشافى والتوكيدى على نفس العينة،** ويمكن استخدام التحليل العاملى التوكيدى – كما تم التنويه مسبقًا – بمفرده لجمع دليل الصدق القائم على البنية الداخلية عند وجود نظرية تم تصميم أداة القياس فى ضوئها وبالتالى التحقق من الدليل التطبيقى الذى يدعم النظرية كما تضمن مفهوم الصدق.

وعند استخدام التحليل العاملى الاستكشافى يليه التوكيدى على عينتين منفصلتين – كما تم التنويه مسبقًا – فيمكن تقسيم العينة بشكل عشوائى سواء إلى نصفين أو ٦٠٪ للتحليل العاملى الاستكشافى (بيانات تدريب النموذج Training data) و ٤٠٪ للتحليل العاملى التوكيدى (بيانات اختبار النموذج Test data)، ويوضح شكل ٢ مفهوم تقسيم العينة.

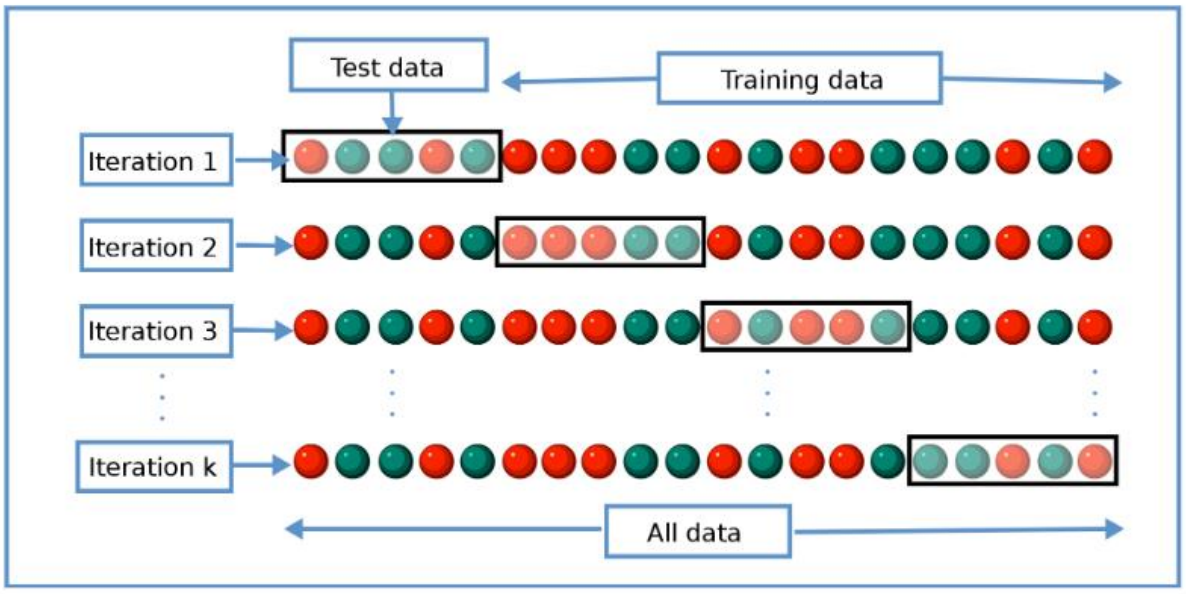
شكل (٢) تقسيم العينة إلى قسمين لإجراء التحليل العاملى الاستكشافى والتوكيدى[١]

تنويه: أحد أهم التحديات التى تواجه الباحثين عند استخدام التحليل العاملى الاستكشافى يليه التوكيدى، هو كيفية التحقق من مدى استقرار البنية العاملية على عدة عينات فى المجتمع دون الحاجة إلى جمع بيانات إضافية على عينات مختلفة، ومن هنا ظهرت فكرة الصدق عبر العينات cross-validation والجولات المرتبطة به K-folds كما يتم تطبيقها فى تعلم الآلة Machine learning، ويعرض الجزء التالى مفهوم الصدق عبر العينات وتطبيقه فى التحقق من صدق واستقرار نتائج التحليل العاملى عبر العينات.

الصدق عبر العينات

يُعد قسمة العينة بشكل عشوائى إلى جزئين – الذى تم تناوله مسبقًا فى شكل ١ – له محدداته؛ حيث أنه يتم التعرف على النموذج وتأكيده فى عينة واحدة لكل منهما، وبالتالى لا يمكن تعميم نتائج الحل العاملى على المجتمع، ومن هنا تأتى أهمية التحقق من استقرار البنية العاملية عبر العينات حتى يمكن الثقة فى نتائج الحل العاملى أو أن البنية العاملية التى تم التوصل لها يمكن تعميمها، ويوضح شكل ٣ مفهوم وخطوات الصدق عبر العينات.

[١] تم الحصول على الشكلين ٢ و ٣ من https://commons.wikimedia.org/wiki/File:K-fold_cross_validation_EN.svg



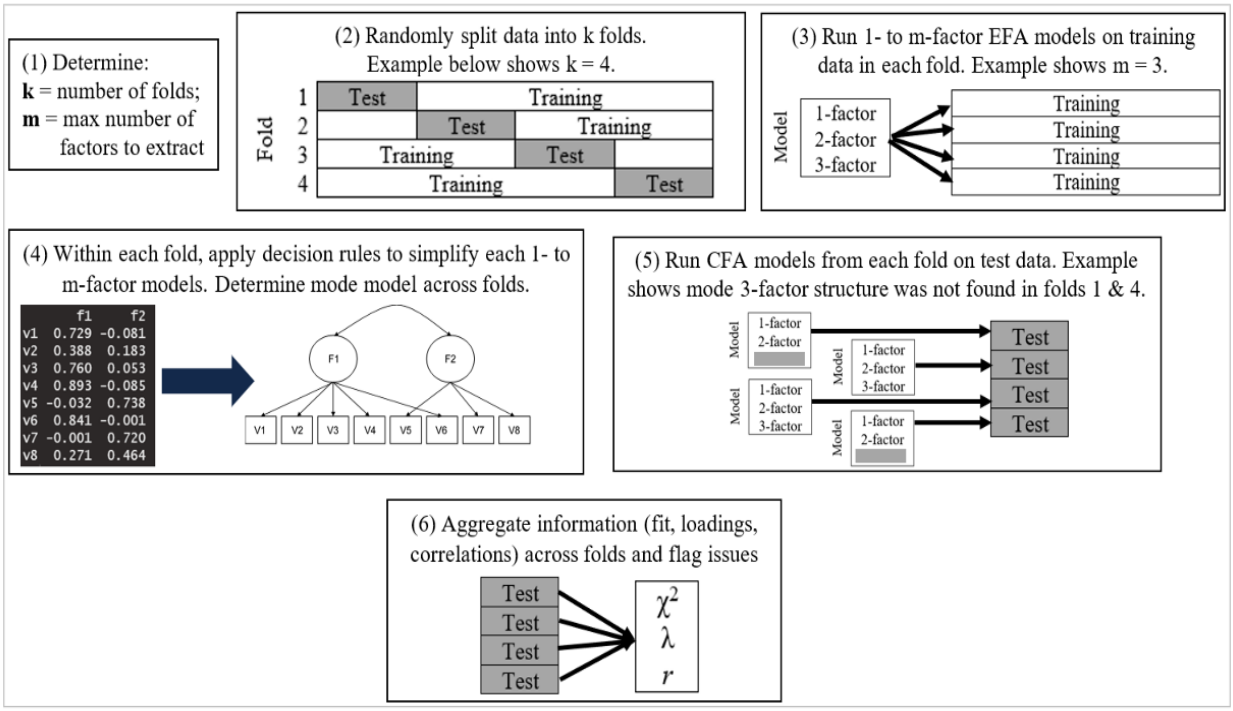
شكل (٣) مفهوم خطوات الصدق عبر العينات

تتضمن منهجية اختبار صدق النماذج عبر العينات الخطوات التالية كما هو موضح فى شكل ٣:

١. يتم تطبيق أداة القياس مرة واحدة وجمع البيانات من عينة كبيرة ممثلة للمجتمع الأصل
٢. يتم تقسيم العينة إلى عدد محدد من الأجزاء k-fold، والعدد الأقصى لهذا العدد حسب توصيات الباحثين هو ١٠
٣. يتم تدريب النموذج على كل أجزاء البيانات عدا جزء واحد k-fold - 1، بينما يتم التأكد من النموذج على الجزء المتبقى من البيانات The remaining fold
٤. يتم تكرار الخطوة الثالثة عدد معين من الجولات Iterations وهو مساوى فى أغلب الأحيان عدد أجزاء البيانات folds الذى تم تحديده
٥. يُلاحظ أن اختبار النموذج يتم على بيانات مختلفة فى كل جولة حتى الجولة الأخيرة iteration k فى العدد الذى تم تحديده، حيث يتم استخدام كل جزء من البيانات مرة واحدة فقط فى بيانات اختبار النموذج

تطبيق منهجية الصدق عبر العينات فى التحليل العاملى

يوضح شكل ٤ الخطوات الست لتطبيق منهجية الصدق عبر العينات فى التحليل العاملى بنوعيه الاستكشافى والتوكيدى:



شكل ٤ خطوات تطبيق منهجية الصدق عبر العينات فى التحليل العاملى بنوعيه الاستكشافى والتوكيدى

يمكن تلخيص الخطوات الست كما وضحها شكل ٤ فى التالى:

١. تحديد عدد أجزاء تقسيم العينة الكلية k-fold وكذلك m وهو الحد الأقصى لعدد العوامل المراد استخلاصها فى التحليل العاملى الاستكشافى

٢. التقسيم العشوائى للعينة الكلية طبقًا للعدد الذى تم تحديده فى الخطوة الأولى، وهو بمثابة أربعة أجزاء فى شكل ٤

٣. إجراء التحليل العاملى الاستكشافى من ١إلى الحد الأقصى لعدد العوامل المراد استخلاصها طبقًا لما تم تحديده فى الخطوة الأولى وذلك على بيانات تدريب النموذج فى كل جزء من الأجزاء العشوائية من بيانات العينة الكلية، وطبقًا لشكل ٤ فإن عدد العوامل ٣ أى إجراء التحليل العاملى الاستكشافى على أن يكون الحل العاملى

أحادى، ثنائى، ثلاثى، وذلك لكل جزء من الأجزاء العشوائية التى تم قسمة العينة الكلية إليها k-folds، ومن هنا يكون عدد الحلول العاملية ٣ × ٤ = ١٢ حل عاملى استكشافى

٤. تطبيق قواعد عامة لتبسيط الحلول العاملية مثل تلك الخاصة بقيم التشبعات أو عدد البنود لكل عامل وذلك على كل جزء من الأجزاء العشوائية للبيانات

٥. إجراء التحليل العاملى التوكيدى للحلول العاملية التى تم التوصل إليها بعد تطبيق القواعد العامة فى الخطوة ٤، وذلك على بيانات تطبيق النموذج داخل كل جزء من أجزاء بيانات العينة الكلية التى تم تفسيمها فى الخطوة ٢، ويُلاحظ فى الشكل ٤ أن الحل العاملى ذا الأبعاد الثلاثة لم يمكن التوصل إليه فى الجزء الأول والرابع من البيانات

٦. حساب متوسطات مؤشرات جودة المطابقة للتحليل العاملى التوكيدى، وكذلك التشبعات والارتباطات بين العوامل، مع إظهار أى مشكلات فى نتائج التحليل إن وجدت، وذلك مثل ارتفاع قيم معامل الارتباط بين العوامل أو انخفاض قيم معامل ثبات الدرجات، وذلك بالنسبة لكل حل عاملى

تحديات تطبيق منهجية الصدق عبر العينات فى التحليل العاملى

تمثل التحدى الأكبر فى تطبيق منهجية الصدق عبر العينات – كما تم تفصيل خطواتها فى شكل ٤ – فى عدم وجود برامج حاسوبية تساعد فى ذلك، ومن هنا قدم Nickodem and Halpin (2022) حزمة *kfa* فى برنامج R، وتتميز بسهولة استخدامها من خلال دالتين:

١. kfa() ويمكن من خلالها تنفيذ الخطوات من ١–٥

٢. kfa_report() ويمكن من خلالها تنفيذ الخطوة رقم ٦ وهى إنتاج التقرير الخاص بالتحليل، وتحتوى الأجزاء التالية على

- كيفية تثبيت وتحميل برنامجى R and RStudio لمستخدمى نظام التشغيل Windows
- وصف لقاعدة بيانات المسح القومى للمقابلة الصحية والمستخدمة فى الدراسة الحالية
- كيفية قراءة البيانات فى برنامج RStudio
- كيفية استخدام حزمة *kfa* بالتفصيل

تحميل وتثبيت برنامجى R and RStudio من خلال التالى

قبل تفصيل خطوات استخدام حزمة *kfa*، يمثل الجزء الأول كيفية تحميل وتثبيت برنامجى R و RStudio لمستخدمى نظام التشغيل Windows

- الدخول إلى موقع برنامج R من الرابط https://cran.r-project.org/bin/windows/base/، ولتحميل البرنامج يتم الضغط على Download R-4.4.2 for Windows، حيث يتم حفظ ملف البرنامج على الجهاز الخاص بك، ومن ثم يمكن تثبيته مثل بقية البرامج الأخرى (انظر الشكل التالى):

R-4.4.2 for Windows

Download R-4.4.2 for Windows (83 megabytes, 64 bit)

README on the Windows binary distribution
New features in this version

This build requires UCRT, which is part of Windows since Windows 10 and Windows Server 2016. On older systems, UCRT has to be installed manually from here.

If you want to double-check that the package you have downloaded matches the package distributed by CRAN, you can compare the md5sum of the .exe to the fingerprint on the master server.

Frequently asked questions

- Does R run under my version of Windows?
- How do I update packages in my previous version of R?

Please see the R FAQ for general information about R and the R Windows FAQ for Windows-specific information.

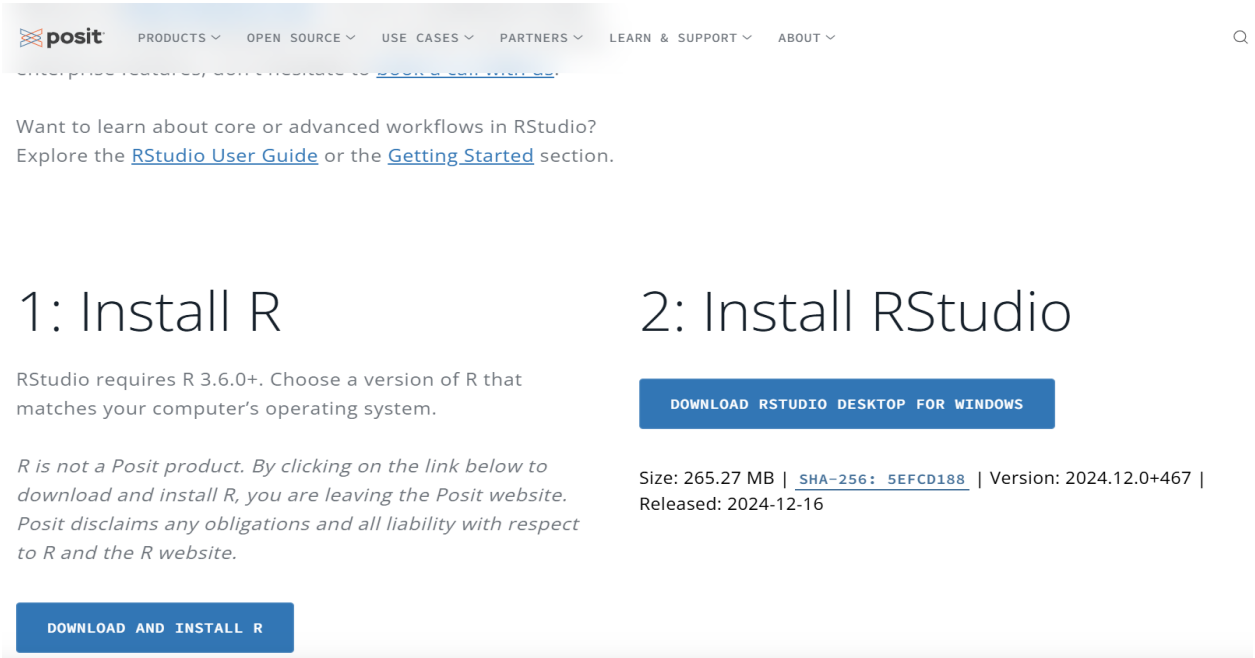
Other builds

- Patches to this release are incorporated in the r-patched snapshot build.
- A build of the development version (which will eventually become the next major release of R) is available in the r-devel snapshot build.
- Previous releases

Note to webmasters: A stable link which will redirect to the current Windows binary release is <CRAN MIRROR>/bin/windows/base/release.html.

Last change: 2024-11-01

- الدخول إلى موقع برنامج RStudio من الرابط https://posit.co/download/rstudio-desktop/ ولتحميل البرنامج يتم الضغط على DOWNLOAD RSTUDIO DESKTOP FOR WINDOWS حيث يتم حفظ ملف البرنامج على الجهاز الخاص بك، ومن ثم يمكن تثبيته مثل بقية البرامج الأخرى (انظر الشكل التالى):

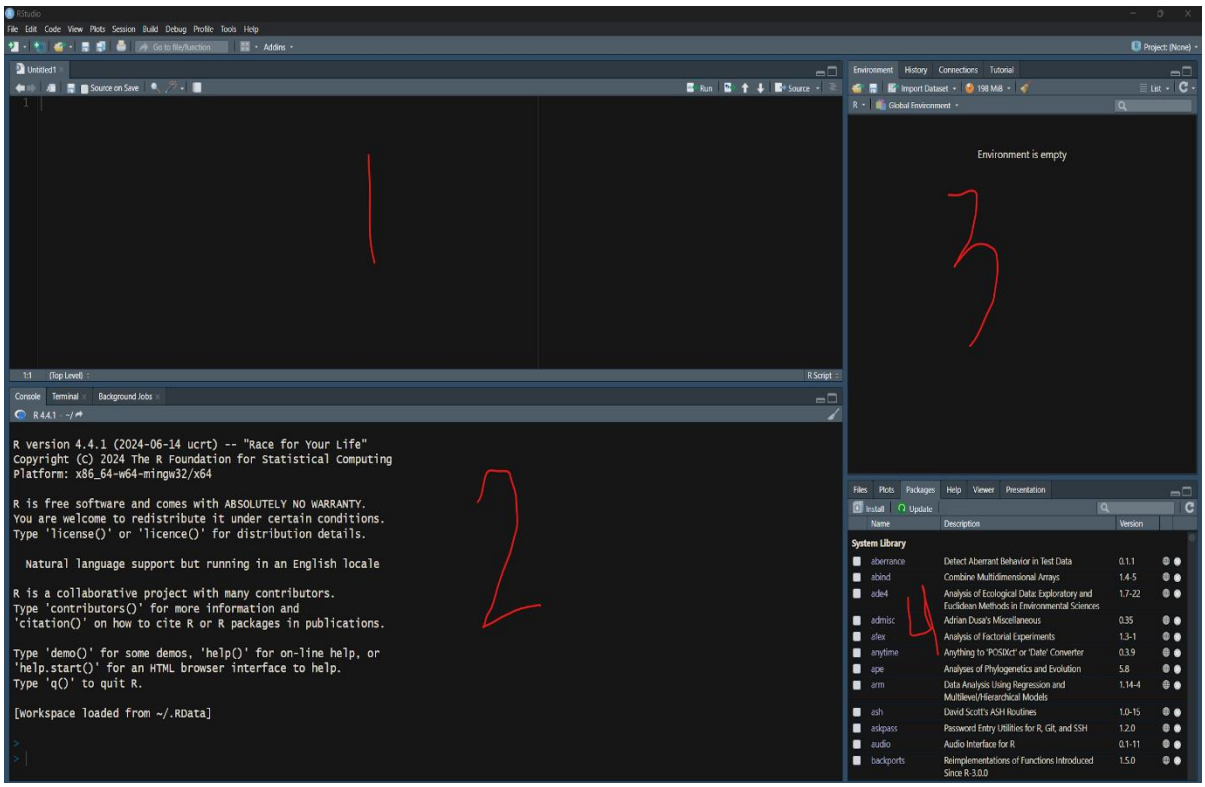


- بعد تثبيت البرنامجين تظهر أيقونتى R and RStudio غالبًا على سطح المكتب كما فى الشكل التالى:

R

RStudio

- يمكن الضغط على أيقونة برنامج RStudio لتظهر النافذة الافتتاحية للبرنامج والتى تتكون من أربعة أقسام كما فى الشكل التالى:



- يتم فى الجزء الأول كتابة الأكواد الخاصة بالتحليل ويمكن فتح أكثر من تبويب فيه والتنقل بينها، بينما الجزء الثانى يعرض نتائج التحليلات التى تمت فى الجزء الأول، فى حين يتضمن الجزء الثالث عدة تبويبات منها بيئة البرنامج والتى تظهر فيها جميع ملفات البيانات التى تم تحمليها وأسماء جميع R objects التى تتم فى الجزء الأول، وأخيراً يتضمن الجزء الرابع عدة تبويبات منها Packages وهى عبارة عن الحزم المتاحة للاستخدام فى البرنامج بعد تحميلها.
- يُلاحظ أن اسم الملف فى الجزء الأول Untitled ومن ثم يمكن إعادة تسميته من خلال الضغط على أيقونة الحفظ، واختيار مكان الحفظ وإعادة التسمية بالاسم الملائم مثل validation_FA.Cross-

قاعدة بيانات المسح القومى للمقابلة الصحية

يُعد المسح الوطني للمقابلة الصحية National Health Interview Survey (NHIS)، أحد أكبر أدوات المسح القومى فى الولايات المتحدة والتى يتم تطبيقها بشكل سنوى وتهدف لجمع بيانات تخص المقيمين، ومن بين هذه البيانات التأمين الصحى، مدى الحصول على الأسعار الطبية بأسعار مناسبة، الظروف الصحية والأمراض، الصحة النفسية، وكذلك السلوكيات الصحية، ويتضمن الجزء التالى نبذة مختصرة عن قاعدة البيانات كالتالى:

- يقوم بتطبيق هذا المسح المركز القومى للإحصاءات الصحية National Center for Health Statistics وهو إحدى مراكز السيطرة على الأمراض والوقاية منها Centers for Disease Control and Prevention.
- يمكن الحصول على قاعدة بيانات عام ٢٠١٩م التى تم استخدامها فى الدراسة الحالية من خلال الضغط على الرابط https://www.cdc.gov/nchs/nhis/documentation/index.html، مع التنويه أن الموقع يحتوى أيضاً على قواعد البيانات حتى عام ٢٠٢٤م.
- تحتوى على العديد من المتغيرات، ولكن سيتم تحليل البيانات الخاصة بثمانية بنود لقياس الاكتئاب Kroenke et al. (2009)، وسبعة أخرى لقياس القلق Spitzer et al. (2006)، حيث تتدرج فئات الاستجابة من "ليس على الإطلاق (١)" إلى "تقريباً كل يوم (٤)"، وقد بلغ عدد المستجيبين على هذا المسح ٣١٩٧٧ من البالغين.

قراءة البيانات إلى برنامج RStudio

- توجد أكثر من طريقة لقراءة البيانات وسوف يتم التركيز على بعض منها كالتالى:
  - كتابة كود مثل
    - بيانات فى ملف Excel

```
MyData <- read_excel(file.choose())
```

يظهر مربع حوارى نختار مكان حفظ البيانات ونحدد الملف ثم نضغط على Open مع ضرورة التنويه إلى أن "read_excel" تتواجد فقط

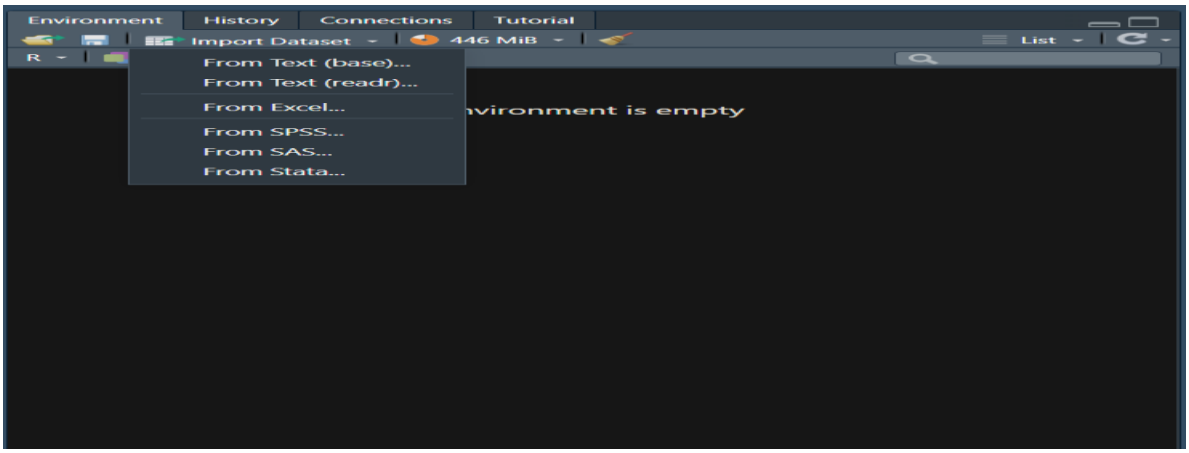
فى حزمة "readxl"، ومن ثم يجب تثبيتها وتحميلها قبل البدء فى تنفيذ الكود السابق.

- بيانات فى ملف Excel ولكن محفوظة بامتداد csv.

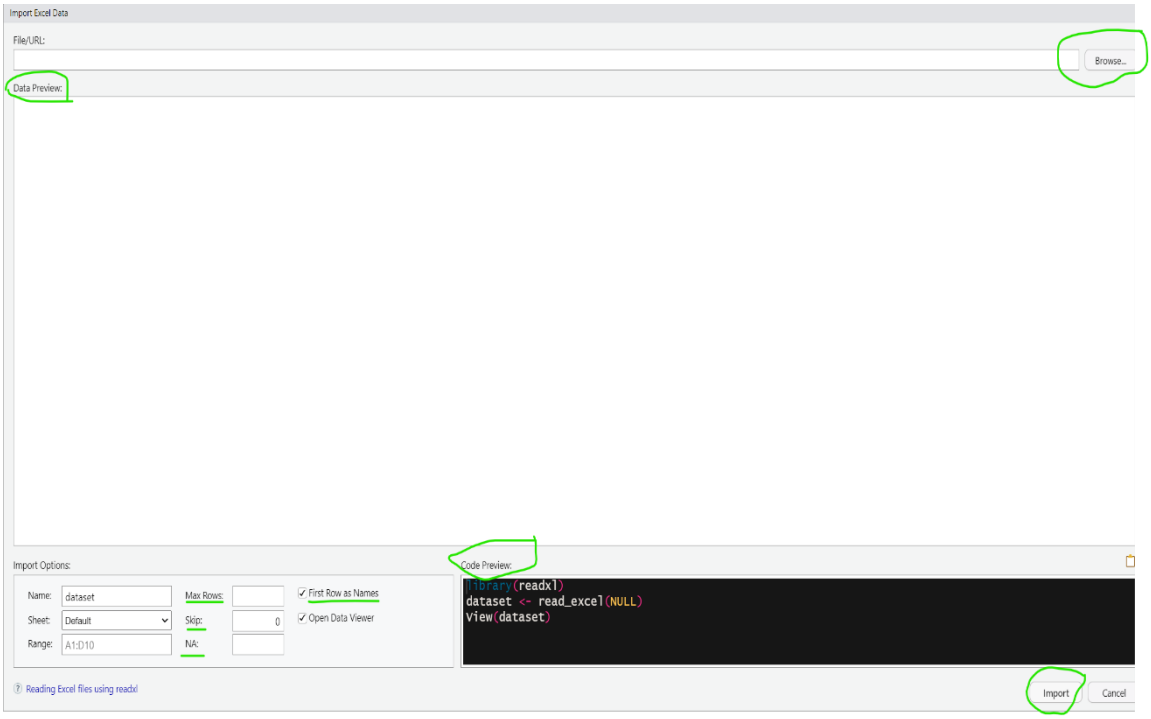
MyData <- read_csv(file.choose())

يظهر مربع حوارى نختار مكان حفظ البيانات ونحدد الملف ثم نضغط على Open مع ضرورة التنويه إلى أن "read_csv" تتواجد فقط فى حزمة "readr"، ومن ثم يجب تثبيتها وتحميلها قبل البدء فى تنفيذ الكود السابق

- الضغط على Import Dataset فى الجزء رقم ٣ واختيار نوع الملف كما فى الشكل التالى:



- يتم الضغط على from Excel فى حالة كون البيانات محفوظة فى ملف Excel حتى يظهر المربع الحوارى التالى:



- يتم فى المربع الحوارى السابق الضغط على Browse فى أقصى اليمين لاختيار مكان حفظ الملف ويُلاحظ ما يلى:
  - وجود خيارات لتحميل الملف فى البرنامج Import Options والتى منها
    - اسم الملف Name
    - تحميل أى شيت Sheet فى ملف الأكسيل فى حالة كون الملف به أكثر من شيت
    - مدى المتغيرات المراد تحميلها Range
    - الحد الأقصى للصفوف Max Rows فى حالة الرغبة فى تحميل عدد محدد من البيانات
    - تخطى أى جزء من المتغيرات Skip
    - استبدال القيم المفقوده بقيم معينة NA

- هل تود أن تستخدم الصف الأول كأسماء للمتغيرات؟ First Row as Names، فى حالة اختياره يظهر فى الصف الأول للبيانات
- هل تريد عرض البيانات؟ Open Data Viewer، فى حالة اختياره يتم عرض معاينة البيانات كما فى الشكل التالى:

Data Preview:

Dep_1 (double)	Dep_2 (double)	Dep_3 (double)	Dep_4 (double)	Dep_5 (double)	Dep_6 (double)	Dep_7 (double)	Dep_8 (double)	Anx_1 (double)	Anx_2 (double)	Anx_3 (double)	Anx_4 (double)	Anx_5 (double)	Anx_6 (double)	Anx_7 (double)
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	
1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	4	2	2	3	2	3	4	2	1	1	2	2	2	
1	1	1	4	4	4	1	1	1	2	1	1	1	1	
1	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	
1	2	1	2	3	1	1	3	1	1	2	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	4	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	3	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	3	1	2	1	2	1	2	1	1	4	2	2	
1	1	2	1	4	2	2	2	2	3	2	2	2	2	

Previewing first 50 entries.

- الكود المستخدم لتحميل البيانات للبرنامج Code Preview كما فى الشكل التالى

Code Preview:

```
library(readxl)
MyData <- read_excel("C:/Users/mhady001.AD/Desktop/MyData.xlsx")
View(MyData)
```

- يتم الضغط على Import بعد الانتهاء من تحديد الملف

- يظهر ملف البيانات فى الجزء رقم ٣ الخاص ب Global Environment وذلك دلالة على قراءتها بشكك صحيح، ويُلاحظ أنه تم تسميتها MyData وهو اسم ملف البيانات الذى سوف يتم استخدامه فى التحليلات اللاحقة

استخدام حزمة *kfa* فى برنامج RStudio

تثبيت وتحميل حزمة *kfa*

- لاستخدام أى حزمة لأول مرة يجب تثبيتها من خلال التالى:
  - install.packages("package name")
- يجب تحميل الحزمة فى كل مرة يتم فتح برنامج RStudio فيها من خلال التالى:
  - library(package name)
- فى المثال الحالى، يتم تثبيت وتحميل حزمة *kfa* من خلال التالى:
  - install.packages("kfa")
  - library(kfa)
- يتم تنفيذ أى كود من خلال تظليله والضغط على Run فى أقصى يمين الجزء رقم ١، أو من خلال الوقوف بالمؤشر بداية الكود أو أى مكان داخله والضغط على ctrl+enter

```
## Install and load the "kfa" package
install.packages ("kfa")
library(kfa)
```

- يتم التأكد من أن أى كود تم تنفيذه من خلال مراجعة الجزء رقم ٢ فى نافذة البرنامج والتأكد من عدم وجود رسائل خطأ.

استخدام حزمة *kfa*

تتميز حزمة *kfa* – كما تم التنويه – مسبقًا بسهولة استخدامها لإجراء التحليل العاملى عبر العينات، ويتم ذلك من خلال دالة *kfa()* وكذلك *kfa_report()* لإنتاج التقرير الخاص بنتائج التحليل، وفيما يلى عرض تفصيلى لكل جزء منها باستخدام قاعدة بيانات المسح القومى للمقابلة الصحية.

أولًا: كتابة الكود الخاص بتحديد نموذج التحليل العاملى التوكيدى فى حالة الرغبة فى اختبار بنية عاملية محددة (اختيارى)

قد يرغب الباحث فى البيانات الحالية فى اختبار نموذج عاملى ذو عاملين Two-factor model وهما الاكتئاب والقلق اتساقًا مع الإطار النظرى، ويوضح الجزء التالى الكود

الخاص بتحديد النموذج المفترض والمراد اختباره عبر العينات بالإضافة إلى النماذج الأخرى التى سوف يتم تحديدها لاحقًا

```
### Specify a 2-factor model given the theoretical framework (Depression + Anxiety)
factor_2 <- ' Depression =~ Dep_1 + Dep_2 + Dep_3 + Dep_4 + Dep_5 + Dep_6 + Dep_7 + Dep_8
              Anxiety =~ Anx_1 + Anx_2 + Anx_3 + Anx_4 + Anx_5 + Anx_6 + Anx_7 '
```

يتضح من الكود السابق أنه تم تحديد ثمانية بنود لقياس الاكتئاب وسبعة بنود لقياس القلق، ويمكن للباحث إضافة أو حذف أبعاد بحيث كل بعد يكون فى سطر مستقل ويتبع اسم العامل علامة "=~ " يليه البنود المكونة له مفصولًا بينها ب "+"، وقد تم تسمية تلك البنية "factor_2"، مع ضرورة التنويه أن الباحث يمكنه اختيار أى اسم، حيث أن ذلك الاسم سوف يتم استخدامه فى دالة *kfa()* لاحقًا.

ثانيًا: إجراء التحليل باستخدام دالة *kfa()*

- يستخدم الجزء التالى من الكود لتحديد بداية الوقت المستغرق لإجراء التحليلات وذلك قبل استخدام *kfa()*

```
tictoc::tic() # starts timer
```

- يوضح الجزء التالى كود دالة دالة *kfa()* وشرح تفصيلى لكل جزء فيه:

```
tictoc::tic() # starts timer

My_Analysis <- kfa(data = MyData, # the name of the dataset
                   variables = names(MyData), # the variables to factor analyze in the dataset if the dataset contains more variables
                   k = NULL,      # NULL means run power analysis
                   m = 4,         # maximum number of factors to extract
                   seed = 101,    # allows for reproducing randomization
                   cores = NULL,  # the number of cores to use for parallel processing (Default is all - 1)
                   custom.cfas = list(`Custom 2f` = factor_2), # The two-factor model I want to test in addition to all other models
                   rotation = "oblimin", # the type of rotation
                   simple = TRUE,  # default; false allows cross-loadings
                   min.loading = NA, # the minimum value of the loading for a variable on a factor when converting EFA results to CFA syntax
                   single.item = "none", # default; "keep" retains single item factors
                   ordered = TRUE, #
                   estimator = NULL, # if ordered = FALSE, the default is "MLMVS". If ordered = TRUE, the default is "WLSMV"
                   missing = "listwise")
tictoc::toc() # stops timer
```

- يتم تحديد اسم التحليل وهو أى اسم يختاره الباحث وليكن "My_Analysis" كما فى المثال الحالى.
- ما يتم تغييره فقط هو ما بعد "=" داخل الأقواس، وخاصة إذا كان ليس NULL أو NA، ويتبع كل جزء من الكود فصلة ",".
- MyData تشير إلى اسم ملف البيانات الذى تم قراءته للبرنامج ويكون ذلك أى اسم طبقًا للاسم الذى تم تسمية ملف البيانات به.
- names(MyData) يشير إلى استخدام كل الأعمدة/المتغيرات التى توجد فى ملف البيانات، وفى حالة أن الملف البيانات يحتوى فقط على المتغيرات التى سيتم تحليلها يمكن عدم كتابة هذا الجزء من الكود لأن الخيار الافتراضى هو استخدام جميع المتغيرات.
- k = NULL يشير إلى عدد الأجزاء التى سيتم تقسيم قاعدة البيانات لها folds، وكما تم ذكره فالحد الأقصى الموصى به هو ١٠، وهذ الجزء لن يتم تغييره حيث يتم إجراء اختبار القوة الإحصائية لتحديد العدد الملائم، مع التنويه أنه يمكن للباحث تحديد العدد الذى يرغب فيه وليكن ٥ مثلًا، مع التنويه أنه يفضل أن يكون حجم العينة ٢٠٠ لكل جزء من البيانات fold.
- m = 4 يشير إلى الحد الأقصى المراد استخلاصه من العوامل فى التحليل العاملى الاستكشافى، ويشير ذلك إلى أنه سوف يتم الكشف عن ١-٤ عوامل لكل جزء من البيانات، ويمكن للباحث تغيير هذا الرقم طبقًا للبيانات التى يتم تحليلها، مع التنويه إلى أن الخيار الافتراضى هو عدد البنود/٤.
- Seed = 101 يستخدم فى حالة الرغبة فى إعادة التحليل للحصول على نتائج مماثلة وقد يتم اختيار أى رقم.
- cores = NULL يشير إلى عدد وحدات معالج الجهاز الخاص بك التى يجب استخدامها أثناء إجراء التحليلات المطلوبة، كما أن العدد الافتراضى هو عدد

الوحدات المتاحة – ١، وفى المثال الحالى على الجهاز الخاص بى تم استخدام ١٥ وحدة معالجة كما فى الشكل:

```
"Using 15 cores for parallelization."
```

- custom.cfas = list(`Custom 2f` = factor_2) يشير إلى البنية العاملية المفترضة المراد اختبارها فى التحليل العاملى التوكيدى بالإضافة للتحليلات الاستكشافية التى سيتم الكشف عنها وتستوفى محكات الاختبار فى النموذج التوكيدى، وقد تم تحديد بنية عاملية ذات عاملين فى المثال الحالى وقد تم تسميتها factor_2، وفى حالة عدم وجود نموذج مفترض آخر يرغب الباحث فى اختباره، يمكن للباحث كتابة NULL بعد = custom.cfas.
- rotation = "oblimin" يشير إلى نوع التدوير فى التحليل العاملى الاستكشافى، وفى هذا المثال تم اختيار التدوير المائل باستخدام "oblimin" وهو الخيار الافتراضى، مع ضرورة التنويه أن هذه الحزمة تتيح للباحث الاختيار بين عدة أنواع من التدوير المائل والمتعامد والمتاحة فى حزمة GPArotation (Bernaards & Jennrich, 2005) وعددها ٢٩ نوعاً منها ١٢ نوعاً للتدوير المائل و ١٧نوعاً للتدوير المتعامد، مع مراعاة أن بعض التدويرات تصلح فقط للبنية العاملية الثنائية العامة bifactor، ولمزيد من التفاصيل حول هذه الأنواع المحتلفة من التدوير يمكن الضغط على هذا الرابط https://cran.r-project.org/web/packages/GPArotation/GPArotation.pdf
- simple = TRUE يشير إلى استخدام البنية العاملية البسيطة والتى يكون فيها كل بند متشبع على عامل واحد أثناء اختبار النماذج التى نتجت من التحليل العاملى الاستكشافى، وذلك فى التحليل العاملى التوكيدى، مع التنويه إلى أن الخيار الافتراضى هو FALSE.
- min.loading = NA يشير إلى الحد الأدنى لقيمة التشبع التى يجب الأخذ بها فى حالة السماح بالتشبعات المشتركة للبند على أكثر من عامل Cross-

loadings، ويجب تحديدها لتكون أى قيمة بين الصفر والواحد الصحيح فى حالة أن الجزء السابق من الكود كان simple = FALSE.

- single.item = "none" يشير إلى كيفية تناول الحلول العاملية الاستكشافية التى تحتوى على عامل يضم بنداً واحداً فقط وذلك أثناء التأكد من هذه العوامل باستخدام التحليل العاملى التوكيدى، مع التنويه أن الخيار الافتراضى هو "none".
- ordered = TRUE يشير إلى نوعية البيانات التى يتم تحليلها فإذا كانت رتبية Ordinal أى تتبع مستوى القياس الرتبى مثل مقاييس التقدير كما فى المثال الحالى، فإنه يتم استخدام مصفوفة ارتباط Polychoric correlation matrix، أما إذا كانت ordered = FALSE وهو الخيار الافتراضى فإنه يتم استخدام مصفوفة ارتباط بيرسون Pearson correlation matrix، وذلك فى حالة المتغيرات المتصلة التى تتبع مستوى القياس الفترى أو المسافى Interval مثل درجات التحصيل الدراسى.
- estimator = NULL يشير إلى طريقة تقدير معالم النموذج، فإذا كان ordered = TRUE فيكون الخيار الافتراضى طريقة "WLSMV" أما إذا كان ordered = FALSE فيكون الخيار الافتراضى "MLSMV"، مع ضرورة التنويه أن هذه الحزمة تتيح للباحث الاختيار بين عدة طرق لتقدير البارامترات والمتاحة فى حزمة lavaan (Rosseel, 2012)، والمتاحة من خلال هذا الرابط https://lavaan.ugent.be/tutorial/est.html
- missing = "listwise" يشير ذلك إلى كيفية معالجة البيانات المفقودة، وتوجد عدة طرق لذلك كما تم التنويه مسبقًا فى متن البحث، مع التنويه أن الخيار الافتراضى هو "listwise"، كما توجد طرق أخرى لمعالجة البيانات المفقودة كما تضمنها هذا الرابط https://lavaan.ugent.be/tutorial/est.html#missing-values

- يستخدم الجزء التالى من الكود بعد انتهاء التحليلات المطلوبة وذلك لتحديد الوقت المستغرق لإجراء هذه التحليلات بعد استخدام *kfa()*، مع التنويه إلى هذا الوقت المستغرق يزيد بزيادة عدد البنود وكذلك قلة الإمكانات الفنية للجهاز .

```
tictoc::toc() # stops timer
```

  - وفى المثال الحالى استغرق التحليل ٥٨ ثانية تقريباً كما فى الشكل التالى:

```
57.62 sec elapsed
```

ثالثًا: الحصول على تقرير التحليل باستخدام دالة *kfa_report()*

- يمكن للباحث استخدام index_available(My_Analysis) للتعرف على مؤشرات جودة المطابقة المتاحة لنماذج التحليل العاملى التوكيدى التى تم اختبارها كما فى الشكل التالى:

```
# which fit indices are available
index_available(My_Analysis)
```

  - وبعد تنفيذ هذا الكود يتم الحصول على قيم كا^{2} ودرجات الحرية وكذلك العديد من مؤشرات جودة المطابقة حسب كل طريقة من طرق تقدير معالم النموذج كما فى الشكل التالى:

```
 [1] "npar"                          "fmin"                          "chisq"                         "df"
 [5] "pvalue"                        "chisq.scaled"                  "df.scaled"                     "pvalue.scaled"
 [9] "chisq.scaling.factor"          "baseline.chisq"                "baseline.df"                   "baseline.pvalue"
[13] "baseline.chisq.scaled"         "baseline.df.scaled"            "baseline.pvalue.scaled"        "baseline.chisq.scaling.factor"
[17] "cfi"                           "tli"                           "cfi.scaled"                    "tli.scaled"
[21] "cfi.robust"                    "tli.robust"                    "nnfi"                          "rfi"
[25] "nfi"                           "pnfi"                          "ifi"                           "rni"
[29] "nnfi.scaled"                   "rfi.scaled"                    "nfi.scaled"                    "pnfi.scaled"
[33] "ifi.scaled"                    "rni.scaled"                    "nnfi.robust"                   "rni.robust"
[37] "rmsea"                         "rmsea.ci.lower"                "rmsea.ci.upper"                "rmsea.ci.level"
[41] "rmsea.pvalue"                  "rmsea.close.h0"                "rmsea.notclose.pvalue"         "rmsea.notclose.h0"
[45] "rmsea.scaled"                  "rmsea.ci.lower.scaled"         "rmsea.ci.upper.scaled"         "rmsea.pvalue.scaled"
[49] "rmsea.notclose.pvalue.scaled"  "rmsea.robust"                  "rmsea.ci.lower.robust"         "rmsea.ci.upper.robust"
[53] "rmsea.pvalue.robust"           "rmsea.notclose.pvalue.robust"  "rmr"                           "rmr_nomean"
[57] "srmr"                          "srmr_bentler"                  "srmr_bentler_nomean"           "crmr"
[61] "crmr_nomean"                   "cn_05"                         "cn_01"                         "gfi"
[65] "agfi"                          "pgfi"                          "mfi"                           "wrmr"
```

- يتكون الكود الخاص *kfa_report()* كما فى الشكل التالى:

```
kfa_report(models = My_Analysis,
           file.name = "KFA_Adult_Depression_Anxiety", # file name to create on disk.
           report.title = "Adult Depression and Anxiety", # title of the report
           path = NULL, # path of the directory where summary report will be saved.
           report.format = "html_document",
           word.template = NULL,
           index = c("cfi.robust", "rmsea.robust", "srmr", "tli.robust"), # chisquare and df always returned
           plots = FALSE,  # lately has been finicky
           load.flag = 0.3, # factor loadings of variables below this value will be flagged. Default is .30
           cor.flag = 0.9, # factor correlations above this value will be flagged. Default is .90
           rel.flag = 0.6, # factor (scale) score reliability below this value will be flagged. Default is .60
           digits = 2)  # number of decimal places to display in the report.
```

- models = My_Analysis يشير إلى اسم التحليل الذى تم اختياره من قبل الباحث أثناء استخدام دالة kfa().
- file.name = "KFA_Adult_Depression_Anxiety" يشير إلى الاسم الذى سيتم به حفظ ملف التقرير .
- report.title = "Adult Depression and Anxiety" يشير إلى عنوان التقرير.
- path = NULL يشير إلى تحديد مكان حفظ التقرير على الجهاز الخاص بك، حيث يكون مكان الحفظ الافتراضى هو مكان التحليل إذا تم تحديده Working directory، أما إذا لم يتم تحديد مكان للتحليل فيتم حفظ ملف التقرير فى مجلد المستندات Documents
- report.format = "html_document" يشير إلى نوع تنسيق التقرير، حيث أن الخيار الافتراضى هو "html_document"، والذى يمكن حفظه كملف PDF من خلال الضغط على ctrl+p ثم اختيار Save as PDF، كما يمكن إصدار التقرير كملف Word من خلال report.format = "word_document"

- word.template = NULL يشير إلى مسار ملف Word داخل الجهاز لاستخدامه كدليل تنسيق وذلك فى حالة اختيار نوع ملف التنسيق report.format = word_document"
- index = c("cfi.robust", "rmsea.robust", "srmr", "tli.robust") يشير إلى مؤشرات جودة المطابقة التى يتضمنها التقرير والتى يمكن للباحث الاختيار من بين العديد منها كما تم التنويه سابقًا أثناء استخدام index_available(My_Analysis)، مع التنويه إلى أن قيم كا^{2} ودرجات الحرية يتضمنها التقرير بشكل افتراضى، وفى المثال الحالى تم تحديد مجموعة فقط من مؤشرات جودة المطابقة وهى الأكثر شيوعاً فى المجلات العلمية.
- plots = FALSE يشير إلى الرسم البيانى للنماذج العاملية التوكيدية، ولكن لا ينصح بها لأنها تكون غير منسقة فى معظم الأحيان.
- load.flag = 0.3 يشير إلى الحد الأدنى لقيمة تشبع البند على العامل والتى يتم تحديدها فى التقرير فى حالة انخفضت القيمة عن ٠.٣٠ فى أى الحلول العاملية، ويمكن للباحث تغييرها واختيار أى قيمة بين الصفر والواحد الصحيح، مع التنويه إلى أن القيمة الافتراضية ٠.٣٠.
- cor.flag = .9 يشير إلى تحديد قيم معامل الارتباط بين العوامل فى التقرير إذا زادت عن هذه القيمة فى أى الحلول العاملية، ويمكن للباحث تغيير هذه القيمة بين الصفر والواحد الصحيح، مع التنويه إلى أن القيمة الافتراضية ٠.٩٠.
- rel.flag = 0.6 يشير إلى الحد الأدنى لقيمة معامل ثبات درجات للأبعاد المكونة للمقياس والتى يتم تحديدها فى التقرير فى حالة انخفضت القيمة عن ٠.٦٠ فى أى الحلول العاملية، ويمكن للباحث تغيير هذه القيمة بين الصفر والواحد الصحيح، مع التنويه إلى أن القيمة الافتراضية ٠.٦٠.

- digits = 2 يشير إلى عدد الأرقام بعد العلامة العشرية والتى يرغب الباحث فى تدوينها، ويمكن الباحث تغيير هذه القيمة برقم صحيح، مع التنويه إلى أن الخيار الافتراضى هو ٢.

- تظهر الرسالة التالية فى حالة الانتهاء من التقرير، لتوضح اسم ملف التقرير ونوع تنسيق الملف، وكما تم التنويه ذلك فقد يكون فى مجلد العمل الخاص بالتحليل أو فى مجلد المستندات على الجهاز الخاص بك.

```
Output created: KFA_Adult_Depression_Anxiety.html
```

رابعًا: مكونات التقرير النهائى للتحليل

يتكون التقرير الخاص بالتحليل من عدة أجزاء ويتضمن الجزء التالى شرح تفصيلى لكل جزء منها مما يساعد فى فهم مخرجات التحليل بصورة دقيقة، ومن بين هذه الأجزاء ما يلى:

- **مكونات التقرير**

يتضمن هذا الجزء عنوان التقرير والتاريخ الذى تم به التحليل، وهذا أمر مهم حيث يمكن للباحث متابعة التقارير المختلفة للتحليل فى حالة إعادة التحليل فى أيام متتالية كما فى الشكل التالى:

Adult Depression and Anxiety

December 28, 2024

- Overview
- Model Summary
- Model Details
  - 1-factor
  - 4-factor
  - Custom 2f
- Appendix
  - Within Fold Model Fit
  - All EFA Structures

- **ملخص عام للتحليل Overview والذى يتضمن**
  - عدد أجزاء البيانات التى تم تقسيمها **# of folds:** 10

يتضح من هذا الجزء أن عدد أجزاء تقسيم البيانات التى تم تقسيمها هو ١٠ طبقًا لاختبار القوة الإحصائية الذى تم فى دالة (kfa، وكما أن العدد الأقصى للعوامل تم تحديده ٤ فمعنى ذلك أنه تم إجراء تحليل عاملى استكشافى لأربعة نماذج لكل جزء من أجزاء البيانات العشرة بإجمالى ٤٠ نموذجًا.

- عدد المتغيرات (البنود) **# of variables:** 15
- حجم العينة النهائى بعد حذف الحالات التى بها بيانات مفقوده **# of observations:** 30954
- العدد الأقصى للعوامل **Maximum # of factors**
  - الذى تم تحديدها من قبل الباحث Allowed - 4
  - وتلك التى تم استخلاصها Extracted - 4

  فى حالة أنه تم استخلاص عدد أقل من العوامل من العدد الأقصى الذى تم تحديده، سيكون هذا العدد أقل
- طريقة تقدير بارامترات النموذج **Estimation:** DWLS
- طريقة معالجة البيانات المفقودة **Missing Data:** listwise

Overview

# of folds: 10
# of variables: 15
# of observations: 30954
Maximum # of factors:
- Allowed - 4
- Extracted - 4

Estimation: DWLS
Missing Data: listwise

- **ملخص نماذج التحليل العاملى التوكيدى Model Summary**

يتضمن هذا الجزء جدولين، الأول لمتوسطات والمدى لقيم كا^{2} ودرجات الحرية وأيضًا لمؤشرات جودة المطابقة التى تم اختيارها عبر أجزاء البيانات العشرة 10-fold التى تم تقسيمها وذلك للحلول العاملية التى تم استخلاصها من نتائج التحليل العاملى للاستكشافى والتى استوفت المحكات المحددة (مثل عدد البنود لكل عامل)، ومن ثم تم

تأكيدها باستخدام التحليل العاملى التوكيدى، ونلاحظ فى المثال الحالى أن البنية العاملية أحادية البعد 1-factor وذات الأربعة أبعاد 4-factor هى التى تم إجراء تحليل عاملى توكيدى لها، بالإضافة للبنية العاملية ثنائية البعد Custom 2f التى تم افتراضها واختبارها فى التحليل الحالى والمكونة من الاكتئاب والقلق كعاملين مرتبطين، أما الجدول الثانى فيتكون من المشكلات التى تم تحديدها – فى أى عدد من أجزاء البيانات العشرة – كما يتضح من الشكل التالى:

Model Summary

Fit across folds by factor model

model	df.scaled	chisq.scaled		cfi.robust		rmsea.robust		srmr		tli.robust	
		mean	range	mean	range	mean	range	mean	range	mean	range
1-factor	90	1,223.24	1076.93 - 1326.71	0.90	0.88 - 0.91	0.13	0.13 - 0.14	0.04	0.04 - 0.05	0.88	0.86 - 0.89
4-factor	84	606.34	527.11 - 690.32	0.71	0.65 - 0.76	0.23	0.21 - 0.25	0.03	0.03 - 0.04	0.64	0.57 - 0.70
Custom 2f	89	814.46	637.25 - 926.10	0.93	0.92 - 0.95	0.11	0.10 - 0.12	0.04	0.03 - 0.04	0.92	0.90 - 0.94

Count of folds out of 10 with flagged problems

model	mode structure	improper solution	heywood item	low loading	high factor correlation	low scale reliability
1-factor	10	0	0	0		0
4-factor	10	0	0	0	10	0
Custom 2f	10	0	0	0	9	0

Notes:
'mode structure' is the number of folds the EFA identified the mode (most common) structure. This structure was then used in the CFA. 'mode structure' will be 10 when the same structure was identified in every fold and < 10 when multiple factor structures were identified. The value in 'mode structure' is the maximum value for all remaining columns. See Appendix for all structures.
'improper solution' is the number of folds with non-convergence or a non-positive definite matrix.
'high factor correlation' threshold set to 0.9.
'low scale reliability' threshold set to 0.6 with ω_h.
'low loading' threshold set to 0.3.
blanks = not applicable

- Improper solution يشير إلى عدد أجزاء البيانات التى تحتوى على حلول عاملية غير ملائمة، والتى تحدث عندما لا يتم إيجاد حل عاملى للنموذج المقترح Non-convergence، أو أن مصفوفة معاملات الارتباط غير موجبة Non-positive definite matrix، ولمزيد من المعلومات حول الأسباب، النتائج المترتبة على كون مصفوفة معاملات الارتباط غير موجبة، والحلول المقترحة لها، يمكن الرجوع ل Lorenzo-Seva and Ferrando (2021).
- Heywood item يشير إلى وجود حالات Heywood لأى من البنود والتى تُعد ظاهرة فى التحليل العاملى تحدث عندما تزيد قيمة شيوع البند عن الواحد

الصحيح أو يكون التباين بالسالب Negative variance، مع التنويه إلى أن أول من قدم هذه الظاهرة هو Heywood عام ١٩٣١ حتى سُميت الحالات التى تظهر فيها هذه المشكلة باسمه Heywood (1931).

- low loading ويشير إلى انخفاض قيمة التشبعات المعيارية لأى من البنود عن ٠.٣٠ وهى القيمة التى تم تحديدها سابقًا، وفى المثال الحالى يظهر أن هذا العدد هو صفر، أى أنه لا يوجد أى بند قل تشبعه عن هذه القيمة عبر جميع أجزاء البيانات لأى من النماذج العاملية.
- high factor correlation ويشير إلى ارتفاع قيمة معامل الارتباط بين بعض أو كل العوامل عن تلك التى تم تحديدها، ونلاحظ فى المثال الحالى أن قيمة معامل الارتباط زادت عن القيمة المحددة (٠.٩٠) فى النموذج العاملى ذو الأربعة عوامل وذلك فى أجزاء البيانات العشرة، كما أن هذه المشكلة ظهرت أيضاً فى تسعة أجزاء من البيانات للنموذج العاملى المفترض من قبل الباحث، أى أن قيمة معامل الارتباط بين الاكتئاب والقلق زادت عن ٠.٩٠.
- low scale reliability ويشير إلى انخفاض قيمة معامل ثبات الدرجات لأى من الأبعاد عن ٠.٦٠ وهى القيمة التى تم تحديدها سابقًا، وفى المثال الحالى يظهر أن هذا العدد هو صفر، أى أنه لا يوجد أى بعد من أبعاد المقياس انخفض معامل ثبات الدرجات عن هذه القيمة عبر جميع أجزاء البيانات لكل النماذج العاملية.
- يتضمن هذا الجزء أيضاً فى نهايته بعض الملاحظات Notes عن الحلول العاملية وبعض القيم التى تم اتخاذ القرار لتحديد مشكلات التحليل بناءً عليها والتى تمت اختيارها فى دالة ()kfa، وكذلك نوع معامل ثبات الدرجات المستخدم وهو معامل أوميجا الهرمى.

- **تفاصيل نماذج التحليل العاملى التوكيدى Model Details**

بعد عرض ملخص مؤشرات جودة المطابقة لنماذج التحليل العاملى التوكيدى الثلاثة التى تم عرضها سابقًا، يتضمن هذا الجزء تفاصيل هذه النماذج من حيث تحديد البنية العاملية (أى البنود تشبعت على أى الأبعاد) Factor Structure، متوسطات ومدى التشبعات المعيارية عبر أجزاء البيانات Standardized Loading Across Folds وكذلك متوسطات ومدى معاملات أوميجا الهرمى لثبات الدرجات Scale Reliability Across Folds، بالإضافة إلى متوسطات معاملات الارتباط البينية بين العوامل Mean Factor Correlations وذلك للبنية ذات الأربعة أبعاد والثنائية، كما تتضمن هذه التفاصيل أيضًا – لكل بنية عاملية معلومات – عما إذا كان هناك بنود تشبعاتها المعيارية أقل من تلك التى تم تحديدها Loading flag، مدى وجود حالات Heywood من عدمه Heywood flag، وكذلك عدد أجزاء البيانات التى تحتوى فيها مصفوفة معاملات الارتباطات البينية بين العوامل على معاملات ارتباط أكبر من القيمة التى تم تحديدها ٠.٩٠، وأخيراً عما إذا كان هناك أبعاد للمقياس لها معاملات ثبات للدرجات أقل من القيمة المحددة فى التحليل ٠.٦٠.

1-factor

Factor Structure

f1 =~ Dep_1 + Dep_2 + Dep_3 + Dep_4 + Dep_5 + Dep_6 + Dep_7 + Dep_8 + Anx_1 + Anx_2 + Anx_3 + Anx_4 + Anx_5 + Anx_6 + Anx_7

Standardized Loading Across Folds

variable	mean	range	loading flag	heywood flag
Dep_1	0.77	0.75 - 0.82	0	0
Dep_2	0.80	0.78 - 0.82	0	0
Dep_3	0.85	0.84 - 0.87	0	0
Dep_4	0.74	0.71 - 0.78	0	0
Dep_5	0.75	0.73 - 0.78	0	0
Dep_6	0.72	0.69 - 0.75	0	0
Dep_7	0.87	0.86 - 0.89	0	0
Dep_8	0.82	0.80 - 0.83	0	0
Anx_1	0.82	0.79 - 0.85	0	0
Anx_2	0.77	0.74 - 0.79	0	0
Anx_3	0.80	0.78 - 0.82	0	0
Anx_4	0.86	0.85 - 0.89	0	0
Anx_5	0.92	0.91 - 0.93	0	0
Anx_6	0.94	0.93 - 0.95	0	0
Anx_7	0.88	0.85 - 0.89	0	0

Note: loadings flagged when < 0.3 in a fold. 'heywood flag' is the number of folds the variable's estimated residual variance was negative

Scale Reliability Across Folds

factor	omega_h		
	mean	range	flag
f1	0.95	0.94 - 0.95	0

Note: 'flag' is the number of folds the scale had a reliability < 0.6

4-factor

Factor Structure

f1 =~ Dep_3 + Anx_1 + Anx_2 + Anx_5 + Anx_6 + Anx_7

f2 =~ Dep_1 + Dep_2 + Anx_3 + Anx_4

f3 =~ Dep_4 + Dep_5 + Dep_6

f4 =~ Dep_7 + Dep_8

Standardized Loading Across Folds

variable	mean	range	loading flag	heywood flag
Dep_1	0.80	0.78 - 0.84	0	0
Dep_2	0.83	0.82 - 0.86	0	0
Dep_3	0.87	0.85 - 0.89	0	0
Dep_4	0.81	0.78 - 0.83	0	0
Dep_5	0.82	0.80 - 0.85	0	0
Dep_6	0.78	0.75 - 0.81	0	0
Dep_7	0.94	0.93 - 0.96	0	0
Dep_8	0.87	0.85 - 0.89	0	0
Anx_1	0.83	0.80 - 0.86	0	0
Anx_2	0.78	0.76 - 0.80	0	0
Anx_3	0.83	0.81 - 0.85	0	0
Anx_4	0.91	0.89 - 0.93	0	0
Anx_5	0.93	0.92 - 0.94	0	0
Anx_6	0.95	0.94 - 0.96	0	0
Anx_7	0.89	0.86 - 0.90	0	0

Note: loadings flagged when < 0.3 in a fold. 'heywood flag' is the number of folds the variable's estimated residual variance was negative

Mean Factor Correlations

	f1	f2	f3	f4	flag
f1	1.00				10
f2	0.92	1.00			10
f3	0.85	0.87	1.00		1
f4	0.90	0.85	0.86	1.00	5

Note: 'flag' is the number of folds the factor had a correlation > 0.9

Scale Reliability Across Folds

factor	omega_h		
	mean	range	flag
f1	0.91	0.90 - 0.92	0
f2	0.83	0.82 - 0.85	0
f3	0.72	0.69 - 0.74	0
f4	0.80	0.79 - 0.81	0

Note: 'flag' is the number of folds the scale had a reliability < 0.6

- يتضح من جدول متوسط معاملات الارتباطات فى الشكل السابق أن الحل العاملى الاستكشافى ذا العاملين تتخطى فيه قيمة معامل الارتباط ٠.٩٠ فى الأجزاء العشرة للبيانات، ومن ثم لم يتم اختبار هذا الحل باستخدام التحليل العاملى التوكيدى.

Custom 2f

Factor Structure

```
Depression =~ Dep_1 + Dep_2 + Dep_3 + Dep_4 + Dep_5 + Dep_6 + Dep_7 + Dep_8
Anxiety =~ Anx_1 + Anx_2 + Anx_3 + Anx_4 + Anx_5 + Anx_6 + Anx_7
```

Standardized Loading Across Folds

variable	mean	range	loading flag	heywood flag
Dep_1	0.79	0.77 - 0.84	0	0
Dep_2	0.82	0.80 - 0.84	0	0
Dep_3	0.88	0.86 - 0.90	0	0
Dep_4	0.76	0.72 - 0.80	0	0
Dep_5	0.77	0.75 - 0.80	0	0
Dep_6	0.74	0.71 - 0.76	0	0
Dep_7	0.90	0.88 - 0.91	0	0
Dep_8	0.84	0.82 - 0.85	0	0
Anx_1	0.83	0.80 - 0.86	0	0
Anx_2	0.78	0.76 - 0.80	0	0
Anx_3	0.81	0.79 - 0.83	0	0
Anx_4	0.88	0.87 - 0.90	0	0
Anx_5	0.93	0.91 - 0.94	0	0
Anx_6	0.95	0.94 - 0.96	0	0
Anx_7	0.89	0.87 - 0.90	0	0

Note: loadings flagged when < 0.3 in a fold. 'heywood flag' is the number of folds the variable's estimated residual variance was negative

Mean Factor Correlations

	Depression	Anxiety	flag
Depression	1.00		9
Anxiety	0.92	1.00	9

Note: 'flag' is the number of folds the factor had a correlation > 0.9

Scale Reliability Across Folds

factor	omega_h		
	mean	range	flag
Depression	0.88	0.87 - 0.89	0
Anxiety	0.93	0.92 - 0.93	0

Note: 'flag' is the number of folds the scale had a reliability < 0.6

- **Appendix: Within Fold Model Fit ملحق خاص بمؤشرات جودة المطابقة**

يتضمن التقرير أيضاً قيمة كا^{2} ودرجات الحرية ومؤشرات جودة المطابقة لنماذج التحليل العاملى التوكيدى الثلاثة داخل كل جزء من أجزاء البيانات العشرة وكذلك متوسط هذه المؤشرات كما يوضحها الشكل:

Appendix

Within Fold Model Fit

fold	1-factor						4-factor					
	chisq.scaled	df.scaled	cfi.robust	rmsea.robust	srmr	tli.robust	chisq.scaled	df.scaled	cfi.robust	rmsea.robust	srmr	tli.robust
1	1,123.39	90.00	0.90	0.13	0.04	0.89	589.01	84.00	0.69	0.24	0.03	0.61
2	1,326.71	90.00	0.90	0.13	0.04	0.88	666.74	84.00	0.69	0.24	0.03	0.61
3	1,253.30	90.00	0.90	0.13	0.04	0.88	645.07	84.00	0.70	0.24	0.03	0.62
4	1,243.67	90.00	0.89	0.13	0.04	0.87	527.11	84.00	0.75	0.21	0.03	0.69
5	1,320.57	90.00	0.89	0.14	0.04	0.87	653.70	84.00	0.73	0.22	0.03	0.67
6	1,264.97	90.00	0.90	0.13	0.04	0.88	569.14	84.00	0.65	0.25	0.03	0.57
7	1,213.63	90.00	0.88	0.14	0.05	0.86	690.32	84.00	0.72	0.22	0.04	0.65
8	1,125.05	90.00	0.91	0.13	0.04	0.89	567.53	84.00	0.76	0.22	0.03	0.70
9	1,284.18	90.00	0.89	0.14	0.04	0.88	621.72	84.00	0.73	0.23	0.03	0.66
10	1,076.93	90.00	0.91	0.13	0.04	0.89	533.04	84.00	0.72	0.22	0.03	0.65
Mean	1,223.24	90.00	0.90	0.13	0.04	0.88	606.34	84.00	0.71	0.23	0.03	0.64

fold	Custom 2f					
	chisq.scaled	df.scaled	cfi.robust	rmsea.robust	srmr	tli.robust
1	637.25	89.00	0.95	0.10	0.03	0.94
2	926.10	89.00	0.93	0.11	0.04	0.91
3	849.98	89.00	0.93	0.11	0.03	0.92
4	900.62	89.00	0.92	0.12	0.04	0.90
5	910.88	89.00	0.92	0.12	0.04	0.91
6	874.13	89.00	0.92	0.11	0.04	0.91
7	695.33	89.00	0.93	0.11	0.04	0.92
8	737.75	89.00	0.93	0.11	0.03	0.92
9	852.71	89.00	0.92	0.12	0.04	0.91
10	759.82	89.00	0.93	0.11	0.03	0.92
Mean	814.46	89.00	0.93	0.11	0.04	0.92

- **البنى العاملية للتحليل العاملى الاستكشافى ALL EFA Structures**

يتضمن الجزء الأخير من التقرير توزيع البنود على البنى العاملية الأربعة للتحليل العاملى الاستكشافى وكذلك المشكلات التى ظهرت – إن وُجدت – فى أى جزء من البيانات، مع ضرورة التنويه إلى أنه تم تحديد العدد للأقصى للعوامل ليكون أربعة أثناء إجراء التحليل.

- البنية العاملية أحادية البعد والتى تتشبع فيها جميع البنود على عامل واحد كما فى الشكل التالى:

Factors: 1

Factor Structure Option 1

In Folds: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

f1 =~ Dep_1 + Dep_2 + Dep_3 + Dep_4 + Dep_5 + Dep_6 + Dep_7 + Dep_8 + Anx_1 + Anx_2 + Anx_3 + Anx_4 + Anx_5 + Anx_6 + Anx_7

- البنية العاملية ثنائية الأبعاد والتى تتشبع فيها البنود على عاملين، ومن الملاحظ أن العامل الثانى فى هذه البنية تشبع عليه بنداً واحداً فقط فى أحد أو كل أجزاء البيانات كما فى الشكل التالى، ومن ثم لم تُختبر هذه البنية فى التحليل العاملى التوكيدى، علاوة على أن معامل الارتباط بين البعدين تخطى القيمة المحددة ٠.٩٠ فى جميع أجزاء البيانات كما تم التنويه مسبقًا.

Factors: 2

Factor Structure Option 1

In Folds: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Structure contained a factor with < 2 items

- تتضح البنية العاملية ثلاثية الأبعاد فى الشكل التالى، ومن الملاحظ أن أحد العوامل فى هذه البنية تشبّع عليه بنداً واحداً فقط فى أحد أو كل أجزاء البيانات، وبالتالى لم تُختبر فى التحليل العاملى التوكيدى.

Factors: 3

Factor Structure Option 1

In Folds: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Structure contained a factor with < 2 items

- البنية العاملية رباعية الأبعاد والتى تشبعت فيها البنود على أربعة أبعاد كما فى الشكل التالى:

Factors: 4

Factor Structure Option 1

In Folds: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

f1 =~ Dep_3 + Anx_1 + Anx_2 + Anx_5 + Anx_6 + Anx_7

f2 =~ Dep_1 + Dep_2 + Anx_3 + Anx_4

f3 =~ Dep_4 + Dep_5 + Dep_6

f4 =~ Dep_7 + Dep_8

الاختيار بين النماذج العاملية

يُعد الاختيار بين النماذج العاملية الخطوة الأخيرة والأكثر أهمية أثناء إجراء التحليل العاملى، حيث يكون للباحث فيها دوراً مهماً فى تفسير النتائج واتخاذ القرار المناسب مع الوضع فى الاعتبار تفسير الدرجات، الإطار النظرى للمتغير المستهدف بالقياس، وكذلك الشواهد الإحصائية متمثلة فى مؤشرات جودة المطابقة وقيم التشبعات المعيارية وكذلك معاملات

الارتباط البينية بين العوامل وتباين الخطأ Brown (2015)، وربما أحد الأخطاء الشائعة بين الباحثين هو الاعتماد المفرط على مؤشرات جودة المطابقة فى قبول أو رفض النماذج العاملية، مع تبنى محكات القيم التى قدمها Hu and Bentler (1999)، وتعميمها فى حالة البيانات الرتبية، بالرغم من أنه تم اقتراحها فى الأصل للبيانات المتصلة؛ ومن ثم فى حالة استخدامها مع البيانات الرتبية يمكن عدم التمسك الصارم بهذه القيم وقبولها فى حالة انخفاضها قليلًا على القيم المحددة لاستخدامها، ولمزيد من المعلومات حول مؤشرات جودة المطابقة والتفسيرات النظرية لنتائج التحليل العاملى، يمكن الرجوع Sellbom and Tellegen (2019).

يمكن القول فى المثال الحالى أنه يمكن اختيار النموذج أحادى البعد للاعتبارات التالية:

- تُعد مؤشرات جودة المطابقة الخاصة به مقبولة وخاصة مؤشر المطابقة المقارن CFI وجذر متوسط مربع البواقى المعيارية SRMR، مع ملاحظة أن قيمة مؤشر RMSEA زادت عن القيمة المقبولة قليلًا، مع التنويه أنه قد تختلف قيمتا كل من مؤشرى CFI و RMSEA لأنهما يقيسا شيئين مختلفين (Lai & Green, 2016)، فالأول مؤشر على أفضلية النموذج المفترض مقارنة بالنموذج الصفرى، أما الثانى فيُعد مؤشراً على الاختلاف بين مصفوفة التغاير الملاحظة للبيانات والمتوقعة طبقًا للنموذج Model-implied.
- النموذج العاملى المفترض والذى يتكون من عاملين للاكتئاب والقلق تخطت فيه قيمة معامل الارتباط بين العاملين ٠.٩٠ فى تسعة أجزاء من العشرة للبيانات، مما يدل على أنهما يقيسا شيئًا واحداً طبقًا لمحتوى البنود المكونة لهما؛ ومن ثم فإن هذا الحل العاملى يصعب اختياره.
- النموذج العاملى المكون من أربع أبعاد به مشكلتين كالتالى:

- تخطت قيمة معامل الارتباط بين الأبعاد ٠.٩٠ فى خمسة أجزاء البيانات العشرة.
- تشبع على العامل الرابع بندين فقط من بنود الاكتئاب (البند رقم ٧ والبند رقم ٨)، وبالرغم من أنه يمكن للعامل فى التحليل العاملى أن يحتوى على بندين فقط ولكن يكون هناك محدودية لتفسير درجاته واستخدامها فى تحليلات إحصائية واستدلالات يمكن تعميمها، من منظور تمثيل محتوى البعد المتسهدف بالقياس وهو ما يجعلنا نفكر فى دليل الصدق القائم على المحتوى.

تنويه: طبقًا لنتائج التحليل الحالى فهناك دليل تطبيقى على جمع درجة البنود وحساب درجة كلية لمقياسى الاكتئاب والقلق، ولكن – على الجانب الآخر – تدل هذه النتائج أيضًا على ضرورة مراجعة محتوى البنود المكونة لبعدى الاكتئاب والقلق؛ نظرًا لاحتمالية تشابه محتوى البنود وخاصة ارتفاع قيمة متوسط معاملات ثبات الدرجات، حيث بلغت ٠.٩٥، وكذلك ارتفاع قيمة متوسط معاملات الارتباط بين البعدين والتى بلغت ٠.٩٢، وهى قيمة مرتفعة جدًا.

الخاتمة والتوصيات

يُعد تصميم أداة قياس عملية ليست بسيطة كما يعتقد عديد من الباحثين لأنها تحتاج وقتًا طويلًا وجهدًا كبيرًا وتكلفة كبيرة أيضًا، مع ضرورة عدم الإقدام على تصميم أداة قياس إلا فى حالة عدم وجود أداة قياس صادقة التفسيرات وكذلك وجود الخبرة المطلوبة لدى الباحث لتصميم الأداة وجمع أدلة صدق تفسيرات درجاتها، كما يُعد جمع دليل الصدق القائم على البنية الداخلية لأدوات القياس ذو أهمية كبيرة فى حالة تفسير الدرجات على الأبعاد الفرعية أو الدرجة الكلية، ولكن يجب التنويه إلى التالى عند جمع هذا الدليل من أدلة صدق تفسيرات الدرجات:

- عدم استخدام تحليل المكونات الأساسية على أنها تحليل عاملى.
- استخدام التدوير المائل فى التحليل العاملى الاستكشافى مع السمات التربوية والنفسية؛ نظرًا لأنها مرتبطة بطبيعتها.

- استخدام طريقة تقدير معالم النموذج الملائمة لطبيعة البيانات مثل طريقة WLSMV والمناسبة للبيانات الرتبية.
- إجراء التحليل العاملى الاستكشافى والتوكيدى باستخدام منهجية الصدق عبر العينات والمتاحة فى حزمة kfa.
- استخدام معامل أوميجا لثبات الدرجات لأنه أكثر دقة من معامل ألفا.
- التأنى فى الاختيار بين النماذج العاملية، وعدم الاعتماد المفرط على مؤشـرات جودة المطابقة، مع الأخذ فى الاعتبار تفسـير الدرجات واسـتخدامها وكذلك الإطار النظرى لبنية المتغير المستهدف بالقياس.

المراجع

محمد عبدالهادى عبدالسميع (٢٠٢٠). تأثير عدد فئات الاستجابة على افتراضات ومخرجات التحليل العاملى الاستكشافى والتوكيدى لبنود أدوات القياس في البحوث النفسية. المجلة التربوية لكلية التربوية بجامعة سوهاج، ٧٦،.1153-1222

محمد عبدالهادى عبدالسميع أبوالعلا (٢٠٢٣). جمع البيانات فى البحوث التربوية والنفسية بين اختيار، أو تعديل، أو بناء أداة قياس جديدة. المجلة العربية للقياس والتقويم، ٤(8)،.1-7

American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education. (2014). *Standards for educational and psychological testing*. American Educational Research Association.

Auerswald, M., & Moshagen, M. (2019). How to determine the number of factors to retain in exploratory factor analysis: A comparison of extraction methods under realistic conditions. *Psychological Methods, 24*(4), 468–491. https://doi.org/10.1037/met0000200

Bandalos, D. L. (2018). *Measurement theory and applications for the social sciences*. The Guilford Press.

Beauducel, A., & Herzberg, P. Y. (2006). On the performance of maximum likelihood versus means and variance adjusted weighted least squares estimation in CFA. *Structural Equation Modeling, 13*(2), 186-203. https://doi.org/10.1207/s15328007sem1302_2

Bernaards, C. A., & Jennrich, R. I. (2005). Gradient Projection Algorithms and Software for Arbitrary Rotation Criteria in Factor Analysis. *Educational and Psychological Measurement, 65*(5), 676–696. https://doi.org/10.1177/0013164404272507

Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research* (2nd ed.). The Guilford Press.

Child, D. (2006). *The essentials of factor analysis* (3rd ed.). Continuum.

Comrey, A. L., & Lee, H. B. (1992). *A first course in factor analysis* (2nd ed.). Erlbaum.

Curran, P. J., Bollen, K. A., Chen, F., Paxton, P., & Kirby, J. B. (2003). Finite sampling properties of the point estimates and confidence

intervals of the RMSEA. *Sociological Methods & Research, 32*(2), 208-252. https://doi.org/10.1177/0049124103256130

Enders, C. K. (2022). *Applied missing data analysis* (2nd ed.). Guilford Press.

Heywood, H. B. (1931). On finite sequences of real numbers. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character 134(824), 486–501.

Hu, L.-t., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6(1), 1–55. https://doi.org/10.1080/10705519909540118

Joliffe, I. T. (1992). Principal component analysis and exploratory factor analysis. *Statistical Methods in Medical Research, 1*(1), 69-95. https://doi.org/10.1177/096228029200100105

Kroenke, K., Strine, T. W., Spitzer, R. L., Williams, J. B. W., Berry, J. T., & Mokdad, A. H. (2009). The PHQ-8 as a measure of current depression in the general population. *Journal of Affective Disorders, 114*(1-3), 163–173. https://doi.org/10.1016/j.jad.2008.06.026

Lai, K., & Green, S. B. (2016). The problem with having two watches: Assessment of fit when RMSEA and CFI disagree. *Multivariate Behavioral Research, 51*(2-3), 220–239. https://doi.org/10.1080/00273171.2015.1134306

Lane, S., Raymond, M. R., & Haladyna, T. M. (Eds.) (2016). *Handbook of test development* (2nd ed.). Routledge.

Le-Rademacher, J., & Billard, L. (2017). Principal components analysis for histogram-valued data. *Advances in Data Analysis and Classification, 11*, 27-351. https://doi.org/10.1007/s11634-016-0255-9

Lorenzo-Seva, U., & Ferrando, P. J. (2021). Not positive definite correlation matrices in exploratory item factor analysis: Causes, consequences and a proposed solution. *Structural Equation*

Modeling, *28*(1), 138–147. https://doi.org/10.1080/10705511.2020.1735393

McCoach, D. B., Gable, R. K., & Madura, J. P. (2013). *Instrument development in the affective domain: School and corporate applications* (3rd ed.). Springer Science + Business Media. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7135-6

Nickodem, K., & Halpin, P. (2022). *kfa: K-fold cross-validation for factor analysis* [R package]. https://CRAN.R-project.org/package=kfa"

Preacher, K. J., & MacCallum, R. C. (2003). Repairing Tom Swift's electric factor analysis machine. *Understanding Statistics, 2*(1), 13–43. https://doi.org/10.1207/S15328031US0201_02

Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R package for structural equation modeling. *Journal of Statistical Software*, *48*(2), 1-36. https://doi.org/10.18637/jss.v048.i02

Sellbom, M., & Tellegen, A. (2019). Factor analysis in psychological assessment research: Common pitfalls and recommendations. *Psychological Assessment, 31*(12), 1428–1441. https://doi.org/10.1037/pas0000623

Spitzer, R. L., Kroenke, K., Williams, J. B. W., & Löwe, B. (2006). *Generalized Anxiety Disorder 7 (GAD-7)* [Database record]. APA PsycTests. https://doi.org/10.1037/t02591-000

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics* (5th ed.). Pearson.

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using Multivariate Statistics* (6th ed.). Pearson.

Cross-Validation and Stability of Factor Analysis Results: A Demonstration Using the kfa R Package

Abstract

Designing psychometrically efficient measurement instruments by collecting appropriate sources of validity evidence for supporting score interpretations and uses is essential for ensuring the quality of the collected data and the validity of study-based inferences. Among these sources of evidence is validity based on internal structure, often gathered through exploratory and confirmatory factor analyses. However, one of the primary challenges researchers face is how to conduct exploratory and confirmatory factor analyses and ensure the stability of the factor structure across different samples without repeatedly administering the measurement instrument and collecting data. This study aims to provide a concise overview of the concept of validity evidence and its sources, exploratory factor analysis (EFA), and its associated methodological issues, while clarifying the difference between EFA and principal component analysis. It also covers confirmatory factor analysis (CFA), the concept of cross-validation, and how it can be used to verify the validity and stability of factor analysis results across samples. A detailed example using the kfa package in R is included, demonstrating how to interpret results, choose among factor models, and support score interpretations for proposed uses. The study concludes with recommendations for using EFA and CFA to collect validity evidence based on internal structure.

***Keywords**:* Validity of score interpretations, validity evidence based on internal structure, exploratory factor analysis, principal components analysis, confirmatory factor analysis, cross-validation.