الفصل الحادي والعشرون

التحليل العاملي

اكتسب التحليل العاملي في النصف الثاني من القرن العشرين اهتماما متزايدا بين الباحثين في العلوم النفسية والتربوية، ويرجع الفضل في ذلك إلى إسهامات رايموند كاتل التي جذبت الانتباه إلى هذا الأسلوب الإحصائي، وذلك عندما استخدم التحليل العاملي ليخفض قائمة تحتوي على ما يزيد على ٤٥٠٠ وصف للسمات إلى أقل من ٢٠٠ سؤال تقيس ستة عشرة سمة مختلفة تشكل أبعاد اختبار الشخصية الذي وضعه كاتل تحت عنوان "اختبار عوامل الشخصية الستة عشرة". وأصبحت طرق كاتل في التحليل العاملي تشكل الأساس للاستخدام الرئيسي لهذا الأسلوب الإحصائي كوسيلة لخفض عدد كبير من الملاحظات إلى عدد أقل يصلح لقياس تكوين أو تكوينات غير قابلة للملاحظة المباشرة. مثال ذلك:

- يحضر حفلات صاخبة.
- كثير الكلام.
- يبدو في حالة طيبة عندما يتفاعل مع أي شخص تقريبا.
- يتواجد عادة مع الآخرين.

هذه أربعة أمثلة لسلوك يمكن ملاحظته يقيس تكوينا غير قابل للملاحظة وهو "الانبساط". وأكثر استخدامات التحليل العاملي هو للحصول على عدد قليل من العوامل (مثل الانبساط) لتمثيل علاقات بين مجموعات من المتغيرات المرتبطة مثل الأوصاف الأربعة السابقة.

وإذا كان لدينا مثلا ثلاثين متغيرا مختلفا (سواء كانت مفردات اختبار أو منبئات) فليس من المعقول أنها نقيس ثلاثين تكوينا، ولذلك فمن المعقول استخدام طريقة تختصر هذا العدد الكبير من المتغيرات إلى عدد أقل يبين كيف تتجمع هذه المتغيرات مع بعضها البعض.

وهناك طريقتان لاختصار المتغيرات في عدد أقل من العوامل هما طريقة المكونات الرئيسية Principal Components والطريقة الثانية هي طريقة التحليل

العاملي Factor Analysis. ورغم أن الطريقتين تعطيان نتائج متشابهة فإن الطريقة الأولى هي الأكثر استخداما وذلك لأنها طريقة صحيحة من وجهة النظر السيكومترية، كما أنها أبسط وأكثر قابلية للتفسير.

استخدامات التحليل العاملي:

يمكن ذكر ثلاث حالات يكون فيها استخدام التحليل العاملي ذا قيمة كبيرة للباحث، وهي:

١- الاستخدام الأول الذي ذكرناه فيما سبق وهو استخدام التحليل العاملي كوسيلة إمبيريقية لخفض عدد الأبعاد (التي تشكل الأساس للتكوين أو التكوينات التي ندرسها)، والتي تفسر معظم التباين في متغيرات التحليل. وقد تكون هذه المتغيرات مجموعة اختبارات ضمن بطارية واحدة أو مفردات اختبار من الاختبارات.

٢- يمكن استخدام التحليل العاملي أثناء استخدام الانحدار المتعدد، فقد يكون عدد المنبئات كبيرا بالنسبة لعدد أفراد العينة، ولذلك قد نرغب في خفض عدد هذه المنبئات باستخدام التحليل العاملي. وتفيد هذه الطريقة أيضا في خفض عدد المنبئات المرتبطة ببعضها البعض عندما يكون هذا العدد كبيرا، ويترتب على ذلك الحصول على عدد جديد من المنبئات (أي العوامل) غير المرتبطة ببعضها البعض. وفي هذه الحالة لا يهم الترتيب الذي ندخل به المنبئات من حيث قدرتها على تفسير تباين المتغير التابع (المحك).

٣- عند استخدام تحليل التباين المتعدد (MANOVA) من غير المستحب استخدام عدد كبير من المتغيرات المحكية، ولذلك عندما يكون عدد هذه المتغيرات كبيرا فمن الحكمة استخدام التحليل العاملي لخفض عدد هذه العوامل.

حجم العينة المناسب للحصول على بناء عاملي ثابت:

اقترحت قواعد كثيرة لحجم العينة المناسب للحصول على عوامل ثابتة. وترى معظم هذه القواعد أن يتناسب حجم العينة مع عدد المتغيرات المستخدمة في التحليل العاملي. ويتراوح حجم العينة طبقا لتلك القواعد بين فردين وعشرين فردا لكل متغير مستخدم في التحليل العاملي. إلا أن دراسة قام بها كل من جوادانيولي وفليسر (Guadagnoli & Velicer, 1988) أشارت (على العكس من الاعتقاد الشائع) إلى أن

أهم العوامل هو تشبع العناصر (الحجم المطلق للتشبعات) وحجم العينة المطلق، وكذلك عدد المتغيرات لكل عنصر (عامل) وهذا العامل الأخير أقل أهمية من العاملين الأولين. وقد أوصى الباحثان بما يلي:

١- إذا كان عدد تشبعات أربع عناصر أو أكثر ٦٠, تكون هذه العوامل ثابتة بغض النظر عن حجم العينة. ويمكن القول كذلك أن أي عامل يزيد ثلاثة من تشبعاته على ٨٠, يمكن اعتباره عاملا ثابتا.

٢- إذا كان عدد العوامل التي يبلغ تشبعها ٤٠, عشرة أو أكثر فإنها تكون ثابتة إذا كان حجم العينة ١٥٠ فردا أو أكثر.

٣- عندما يكون لدينا عوامل تقل تشبعاتها عن ٤٠, يجب ألا يقل حجم العينة عن ٣٠٠ حتى يمكن اعتبار هذه العوامل ثابتة ويمكن تفسيرها.

ويتطلب القيام بالتحليل العاملي أربع خطوات أساسية هي:

١- حساب مصفوفة الارتباط بين جميع المتغيرات التي تدخل في التحليل.
٢- استخلاص العوامل.
٣- تدوير العوامل للحصول على بناء عاملي يمكن تفسيره.
٤- تفسير النتائج.

وسوف نتناول الخطوات الأربع فيما يلي:

الحصول على مصفوفة الارتباط

نقطة البدء هي حساب مصفوفة معاملات الارتباط بين المتغيرات التي تدخل التحليل. وهذه الخطوة تعطي مؤشرا أوليا للكيفية التي يعمل بها التحليل العاملي. وتبين هذه الخطوة أن التحليل العاملي يستمد عوامله من الارتباطات بين المتغيرات المختلفة. وليس من الضروري إدخال مصفوفة الارتباط بين المتغيرات لتنفيذ التحليل العاملي، فإننا إذا بدأنا من البيانات الخام كما هو الحال غالبا فإن أمر **Factor** يقوم آليا ببناء مصفوفة الارتباط كخطوة أولى لتنفيذ التحليل العاملي. ويحدث في بعض الحالات ألا يكون لدى الباحث البيانات الخام ولكن يكون لديه بدلا من ذلك مصفوفة الارتباط، وفي هذه الحالة من الممكن إدخال مصفوفة الارتباط في ملف SPSS اللغوي.

استخلاص العوامل

الغرض من هذه المرحلة استخلاص العوامل. والعوامل هي الأسس التي تقوم عليها التكوينات التي تصف مجموعة المتغيرات الداخلة في التحليل. وتشبه هذه الخطوة خطوة استخدام الطريقة التقدمية في الانحدار المتعدد. فالخطوة الأولى في الانحدار المتعدد هي اختيار وإدخال المتغير المستقل الذي يفسر بوضوح أكبر قدر من التباين الملاحظ في المتغير التابع (انظر الفصل السابع عشر). ثم يتم اختيار وإدخال المتغير الذي يفسر بشكل دال كمية التباين التالي الإضافية، وهكذا حتى لا يوجد أية متغيرات تفسر في دلالة أي تباين متبقي.

وإجراءات التحليل العاملي مشابهة لذلك. ويمكن فهم مرحلة استخلاص العوامل بإعادة كتابة الفقرة السابقة مع حذف "المتغير التابع"، و"في دلالة" وتغيير المتغير المستقل إلى المتغيرات (في صيغة الجمع). فالتحليل العاملي لا يبدأ بمتغير تابع، ولكنه يبدأ بمقياس للمجموع الكلي للتباين الذي نلاحظه في جميع المتغيرات التي يضمها التحليل العاملي(وهذا شبيه بالمجموع الكلي للمربعات). لاحظ أن "التغير" أصعب في فهمه وإدراكه، فمن الصعب معرفة من أين جاء وأين يذهب، ولكنه دقيق من الناحية الرياضية. والخطوة الأولى في التحليل العاملي هي أن يقوم الحاسب الآلي باختيار مجموعة المتغيرات التي تفسر أكبر قدر من التباين الكلي. ويطلق على ذلك "العامل الأول". ثم يقوم التحليل العاملي بعد ذلك باستخلاص العامل الثاني، وهو مجموعة المتغيرات التي تفسر أكبر قدر من التباين المتبقي بعد استخلاص العامل الأول. ويطلق على مجموعة المتغيرات هذه "العامل الثاني". وتستمر هذه العملية لاستخلاص عامل ثالث ثم عامل رابع وخامس وهكذا، حتى يتم استخلاص عدد من العوامل قد يصل إلى عدد المتغيرات.

والإجراء الافتراضي في برنامج SPSS هو أن يعطي كل متغير بصفة مبدئية قيمة شيوع قدرها ١,٠. وتصمم قيم الشيوع لإظهار نسبة التباين التي تسهم بها العوامل لتفسير متغير ما. وتتراوح هذه القيم بين صفر و ١، ويمكن تفسيرها بطريقة تشبه تفسير الارتباط المتعدد، حيث تشير القيمة صفر إلى أن العوامل المشتركة لا تفسر أيا من التباين في متغير معين، في حين تشير القيمة ١ إلى أن كل التباين يمكن تفسيره بالعوامل المشتركة. إلا أنه في المرحلة المبدئية يعطى كل متغير شيوعا قيمته ١.

وبعد استخلاص العامل الأول يطبع SPSS جذرا كامنا Eigenvalue إلى يمين رقم العامل مثال ذلك (Factor number = 1; Eigenvalue = 5.13315). والجذور

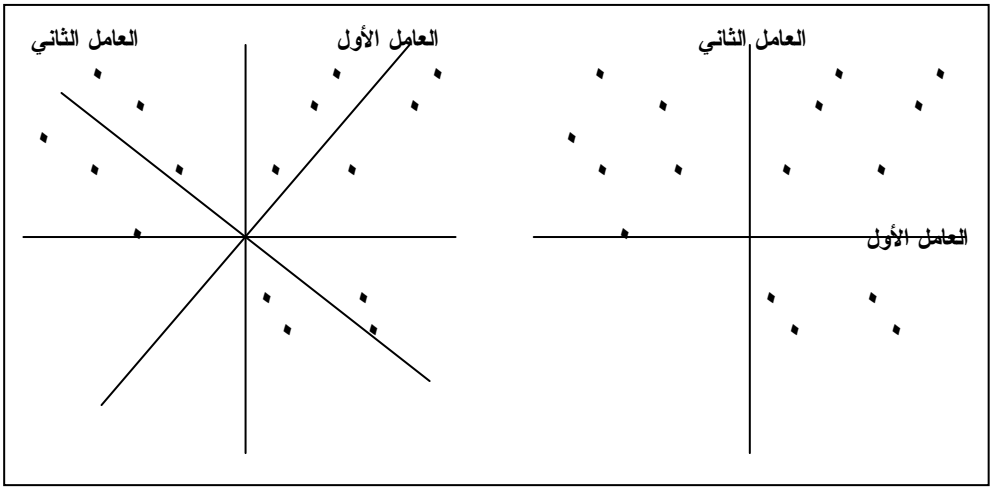
الكامنة هي دالة نسبة التباين الذي يسهم به كل عامل (وليس كل متغير كما هو الحال في قيم الشيوع). والجذر الكامن الأول هو دائما أكبر الجذور الكامنة (ودائما ما تزيد قيمته على ١,٠) لأن العامل الأول بمقتضى تعريف عملية التحليل العاملي يفسر دائما أكبر قدر من التباين الكلي. وبعد ذلك تعطي النسبة المئوية من التباين التي يسهم بها العامل (الجذر الكامن مقسوما على عدد المتغيرات)، ويلي هذا نسبة مئوية تراكمية. وبالنسبة لكل عامل تال، تقل قيمة الجذر الكامن عن العامل السابق، ويكون مجموع النسبة المئوية التراكمية (للتباين المفسر) ١٠٠٪ بعد استخلاص العامل الأخير. ويلاحظ أننا لا نستخدم كلمة "دلالة" لأن الأمر **Factor** يستخلص من العوامل بقدر ما هناك من متغيرات بغض النظر عما إذا كانت العوامل التالية تعطي كمية دالة من التباين الإضافي.

اختيار العوامل وتدويرها

ليست كل العوامل التي يستخلصها SPSS بذات أهمية للباحث غالبا. فلو كان لديك من العوامل ما يساوي عدد المتغيرات الأصلية لا تكون قد أنجزت أي شيء باستخدام التحليل العاملي. فالهدف الأساسي هو تفسير الظاهرة موضوع البحث بعدد من المتغيرات يقل عن العدد الأصلي. ولنتذكر دائما أن كاتل بدأ بعدد من المتغيرات (ملاحظات السلوك) يبلغ ٤٥٠٠ صفة وانتهى بعدد يبلغ ستة عشرة سمة.

والخطوة الأخيرة هي اتخاذ قرار بأي العوامل نستبقيها بعد التحليل. والمعيار المنطقي لاستبقاء العوامل هو أننا نستبقي العوامل التي تتصف بصدق سطحي أو صدق نظري على الأقل. ولكننا غالبا لا نستطيع الوصول إلى هذه الخطوة إلا بعد تدوير العوامل، فمن المستحيل غالبا تفسير العوامل التي نحصل عليها قبل التدوير. ولذلك فإن الباحث يختار محكا رياضيا ليحدد أي العوامل يستبقي. والوضع الافتراضي في SPSS هو استبقاء أي عامل يزيد جذره الكامن على ١,٠. وإذا كان الجذر الكامن للعامل أقل من ١,٠ فإنه يفسر نسبة أقل من التباين من المتغير الأصلي ويجب رفضه. (ولنذكر أن SPSS يستخرج عددا من العوامل قد يساوي عدد المتغيرات الأصلي، إلا أن عدد العوامل التي يزيد جذرها الكامن على ١,٠ قليل). وهناك محكات أخرى لاختيار العوامل (مثل الرسم الحصاة scree plot) أو التفكير المنطقي (القائم على معرفتك بالبيانات التي جمعتها). وسوف نتناول إجراءات اختيار عوامل تقل عن العدد الافتراضي عندما نبدأ في تنفيذ التحليل العاملي.

وبمجرد اختيار العوامل فإن الخطوة التالية هي تدويرها. ورغم أن البناء العاملي الأصلي سليم من الناحية الفنية إلا أن تفسيره صعب، والغرض من التدوير هو الحصول على ما نسميه البناء البسيط، أي الذي يحتوي على تشبع مرتفع على عامل واحد وتشبعات أقل على العوامل الأخرى. وتتراوح تشبعات العوامل بين ±١ محددة العلاقة بين عامل معين والمتغيرات المرتبطة به بطريقة شبيهة بالارتباطات التي نحصل عليها بين المتغيرات. مثال ذلك إذا قلنا أن العبارة "يستمتع بالحفلات الصاخبة" لها تشبع مرتفع على عامل "الانبساط" (ربما > ٦,) وتشبع منخفض على عامل الذكاء (ربما <١,)، فإن ذلك يرجع إلى أن لعبارة الاستمتاع بالحفلات الصاخبة علاقة كبيرة بالانبساط وعلاقة ضعيفة بالذكاء.



شكل (٢٠-١) بعض العوامل والمتغيرات قبل وبعد التدوير

ومن الناحية النموذجية فإن البناء العاملي البسيط يتصف بأن له متغيرات كل تشبعاتها على عامل واحد دون العوامل الأخرى. ويمثل هذا في الرسم الثاني في شكل (٢٠-١) بوقوع جميع النقاط على المحورين المدارين. ولا يحدث هذا غالبا في البحوث الاجتماعية ولذلك فإن الغرض من تدوير المحاور هو أن تقترب نقاط البيانات على قدر الإمكان منها. ويوضح شكل (٢٠-١) كيف يبدو البناء العاملي قبل التدوير وبعده. ويقوم SPSS بطباعة البناء العاملي (بعد التدوير) مع إعطاء جدول بالإحداثيات لمزيد من الوضوح.

ولا يغير التدوير الدقة الرياضية للبناء العاملي، ويشبه هذا الوضع النظر إلى صورة ما من الأمام بدلا من الجانب، فإن هذا لا يغير في الصورة ذاتها، كما أن تحويل طول ضلع المربع من بوصات إلى سنتيمترات لا يغير في شكل المربع نفسه. وكان التدوير في الماضي ينفذ يدويا وكان على الباحث أن يحدد مكان المحاور بحيث تظهر أفضل بناء عاملي. والتدوير اليدوي ليس ممكنا في SPSS إلا أن هناك عددا من الإجراءات المتاحة التي تستخدم لتدوير المحاور إلى أفضل بناء عاملي بسيط. والتدوير بطريقة varimax هو الوضع الافتراضي في SPSS إلا أن هناك أنواعا أخرى من التدوير سوف نذكرها فيما بعد.

التدوير المائل: التدوير بطريقة varimax تدوير متعامد لأن المحاور تظل في وضع متعامد مع بعضها البعض. وفي بعض الأحيان يمكن تحقيق بناء عاملي بسيط أفضل بالابتعاد عن التدوير المتعامد. وهناك طريقتان في SPSS هما طريقة **Oblim** وطريقة **Promax** اللتان تمكنان الباحث من الابتعاد عن التدوير المتعامد لتحقيق بناء عاملي أفضل. وهذا يعني أن العوامل مرتبطة بعضها ببعض. ولا يشكل هذا مشكلة بالضرورة، فإن معظم العوامل في العلوم الاجتماعية والسلوكية ليست مستقلة تماما عن بعضها البعض. واستخدام التدوير المائل قد يكون خادعا جدا، ولا يجب على الباحث استخدامه إلا إذا كان لديه فهم واضح بما يفعله. وبمعنى آخر يجب على الباحث ألا يحاول استخدام التحليل العاملي بالمرة إلا إذا كان لديه فهم واضح بإجراءاته. وسوف نتناول أسلوب التدوير المائل بنوعيه عند الكلام على كيفية تنفيذ التحليل العاملي.

أسس استخدام التحليل العاملي:

يتحكم في نتائج التحليل العاملي اختيارنا للمقاييس وأفراد العينة. والوضع الأمثل هو أن يكون لدينا أربعة مقاييس أو أكثر لكل تكوين نريده. وإذا كان هدفنا مثلا التعرف على المقاييس التي تقيس تكوينين، لابد أن يتضمن التحليل العاملي ثماني مقاييس على الأقل: أربعة مقاييس لكل تكوين نتوقع ظهوره. ونظرا لأن أبعاد المقاييس قد تختلف نتيجة للعينة المستخدمة في الدراسة، فمن المهم أن ندخل في اعتبارنا أيضا المستجيبين عند تصميم التحليل العاملي.

ومن الاستخدامات الشائعة للتحليل العاملي تحديد الأبعاد التي تشكل الأساس لأدوات القياس. وفي هذه الحالة نكون مجبرين على استخدام مجموعة معينة من المفردات أو المقاييس مما يجعل من الصعب تفسير النتائج لعدة أسباب أهمها:

١- قد تصمم المفردات أو المقاييس المستخدمة أو تختار خصيصا لتعكس تكوينا أو تكوينات معينة، وفي هذه الحالة قد تصبح مؤشرات ضعيفة للتكوين أو التكوينات المفترضة.

٢- قد يكون عدد المفردات أو المقاييس قليلا بحيث يصعب أن تشكل أساسا لأبعاد معينة.

٣- قد يكون تحديد المفردات أو المقاييس أمرا معقدا من حيث أنها قد تكون دالة لعوامل متعددة.

وقد يستخدم التحليل العاملي أيضا لتحديد المفردات أو المقاييس التي يجب تضمينها أو استبعادها. وفي هذه الحالة لا يجب استخدام نتائج التحليل العاملي بمفردها لاتخاذ مثل هذه القرارات، ولكن يجب إضافة معلوماتنا عن الأبعاد أو التكوينات التي نريد أن تقيسها المقاييس الداخلة في التحليل.

مسلمات التحليل العاملي

هناك مسلم واحد يشكل الأساس لاستخلاص العوامل، وهو أن المتغيرات التي قسناها ترتبط ارتباطا خطيا بالعوامل. ومن المحتمل انتهاك هذا المسلم إذا كانت المفردات محدودة الاستجابات (أي استجابة من نقطتين مثلا مثل ما يوجد في أسئلة الصواب والخطأ أو بعض مفردات اختبارات الشخصية)، وكان توزيع المفردات مختلفا في التوائه. وقد يؤدي انتهاك هذا المسلم إلى الحصول على عوامل زائفة. وإذا أمكن استيفاء هذا المسلم تكون العلاقة بين المتغيرات التي قسناها خطية أيضا. ولتحديد ما إذا كانت المتغيرات مرتبطة ببعضها البعض ارتباطا خطيا يمكن دراسة أشكال التبعثر التي تحدد العلاقة بين أزواج المفردات.

والاختبارات الإحصائية المرتبطة ببعض بدائل استخلاص العوامل في SPSS لها مسلمات إضافية أيضا. مثال ذلك أن اختبار مربع كاي لأقصى أرجحية Maximum likelihood solution يسلم بأن المتغيرات الداخلة في التحليل ذات توزيع اعتدالي.

تنفيذ التحليل العاملي:

سوف نستخدم في هذا الجزء بعض المتغيرات التي جاءت في رسالة الدكتوراه التي قدمتها الدكتورة حسناء أبو العينين إلى جامعة القاهرة وعنوانها: "دراسة عاملية في تحليل قدرات الفنون التشكيلية" (عام ٢٠٠١). وقد قامت الباحثة بتحليل ست وعشرين

متغيرا تحليلا عامليا للكشف عن عوامل قدرات الفنون التشكيلية. وسوف نستخدم في المثال المقدم هنا عن التحليل العاملي عشرة متغيرات فقط تقيس عشر قدرات، منها ثلاث قدرات في الذاكرة، وثلاث قدرات في الإدراك، وأربع قدرات ابتكارية، والاختبارات التي تقيس هذه القدرات هي:

١- الذاكرة أ (الصورة والرقم).
٢- الذاكرة ب (الموضوع والرقم).
٣- الذاكرة ج (الأسماء الأولى والأخيرة).
٤- سرعة الإدراك أ (شطب الكلمات).
٥- سرعة الإدراك ب (الصورة المتماثلة).
٦- الإدراك المكاني.
٧- الطلاقة.
٨- المرونة.
٩- الأصالة.
١٠-الإطناب.

وملف هذه البيانات موجود على الأسطوانة المرنة باسم Factors.sav.

طريقة التأشير والضغط:

ينفذ التحليل العاملي في خطوتين: الخطوة الأولى استخلاص العوامل والخطوة الثانية تدوير العوامل.

أ- **استخلاص العوامل**

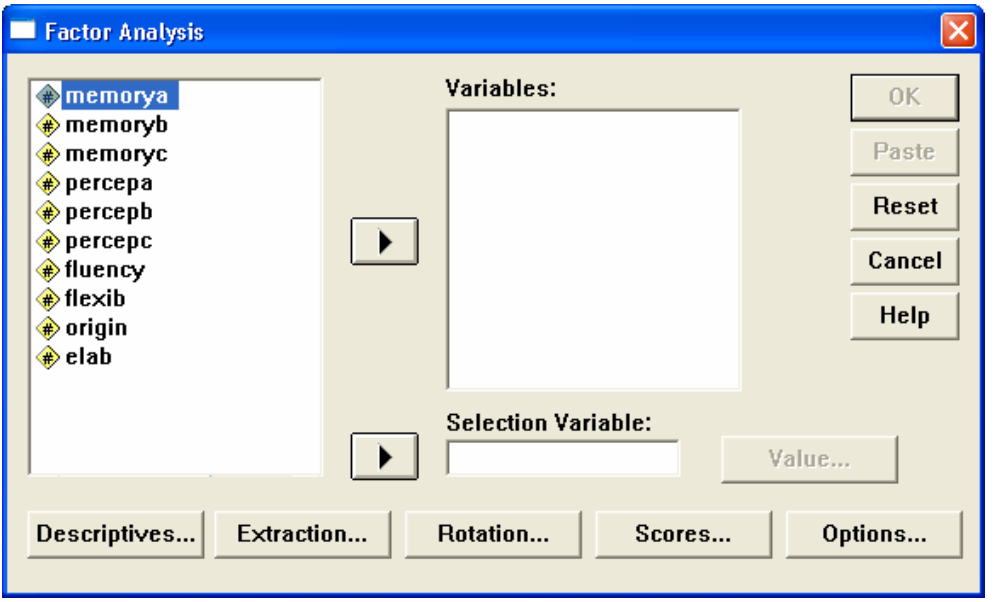
لتحديد عدد العوامل التي يجري استخلاصها فإننا نحدد قيم الجذور الكامنة كما تحددها طريقة العناصر الرئيسية لتقويم القيم النسبية المطلقة. ولبدء التحليل المبدئي نقوم بالخطوات التالية:

١- اضغط على **Statistics** (الإصدار الثامن) أو على **Analyze** (الإصدار التاسع والإصدارات التالية).
٢- اضغط على **Data Reduction** ثم على **Factor** وسوف يظهر مربع الحوار المبين في شكل (٢٠-٢).
٣- انقل المتغيرات العشر إلى الجزء الخاص بالمتغيرات Variables.
٤- اضغط على **Extraction**. وسوف يظهر مربع حوار خاص باستخلاص العوامل Factor Analysis: Extraction شكل (٢٠-٣).

٥- اضغط على **Scree Plot**.

٦- اضغط على **Continue**.

٧- اضغط على **OK**.



شكل ٢٠-٢ مربع حوار التحليل العاملي

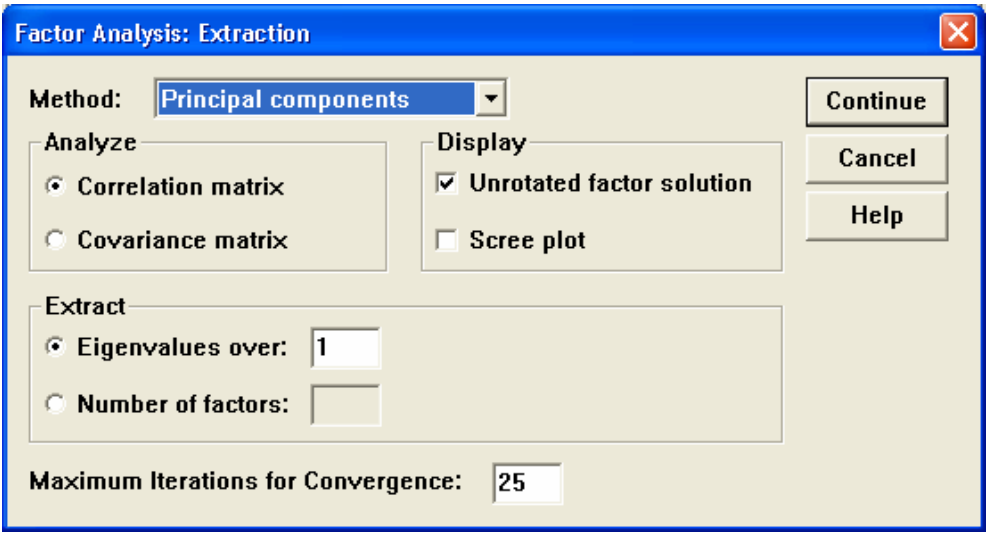
الطريقة اللغوية:

افتح المحرر اللغوي واكتب الأمر التالي (ولا تنسى النقطة في نهايـــة الأمـــر). ويمكن استرجاع ملف Factors من الأسطوانة المرنة.

```
FACTOR
  /VARIABLES ALL
  /ANALYSIS ALL
  /PRINT INITIAL EXTRACTION
  /FORMAT SORT BLANK(.40)
  /PLOT EIGEN
  /ROTATION NOROTATE
  /METHOD=CORRELATION .
```

والغرض من الأمر الرئيسي **FACTOR** بدء عملية التحليل العاملي. والأمـــر الفرعي **VARIABLES** لتحديد المتغيرات التي نرغب في استخدامها، وفي مثالنا الحالي

وضعت كلمة **ALL** لأننا نريد استخدام جميع المتغيرات التي لدينا، وإلا كان يجب علينا تسمية هذه المتغيرات واحدا واحدا. يلي ذلك الأمر الفرعي **ANALYSIS** لتحديد المتغيرات الداخلة في عملية التحليل، وقد كتبنا هنا أيضا كلمة **ALL** لأن جميع المتغيرات لتي لدينا داخلة في التحليل. بعد ذلك يأتي الأمر الفرعي الذي يطلب طباعة العوامل الأولية المستخلصة. أما الأمر الفرعي التالي فالغرض منه ترتيب العوامل حسب حجم التشبعات، على أن تستبعد العوامل التي يقل تشبعها عن ٠,٤٠ . ولم نستخدم هذا الأمر الفرعي في طريقة التأشير والضغط ولكن يمكن الحصول عليه إذا ضغطنا على زر **Options** في مربع الحوار الأول في شكل (٢٠-٤). يأتي بعد هذا الأمر الفرعي الخاص بالرسم البياني لقيم الجذر الكامن. أما الأمر الفرعي **/METHOD=CORRELATIONS** فالغرض منه استخدام مصفوفة الارتباط في استخلاص العوامل.



شكل ٢٠-٣ مربع حوار استخلاص العوامل

نتائج التحليل المبدئي:

استخدمت طريقة المكونات الرئيسية في التحليل العاملي لمثالنا هذا، كما سبق أن أشرنا. ويبين شكل (٢٠-٤) نتائج العمليات الإحصائية المبدئية للمكونات الأساسية، كما يبين شكل (٢٠-٥) الرسم البياني للجذور الكامنة.

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2.931	29.306	29.306	2.931	29.306	29.306
2	2.015	20.147	49.454	2.015	20.147	49.454
3	1.338	13.376	62.830	1.338	13.376	62.830
4	1.124	11.237	74.067	1.124	11.237	74.067
5	.677	6.773	80.840			
6	.487	4.867	85.707			
7	.437	4.365	90.072			
8	.409	4.089	94.162			
9	.352	3.522	97.684			
10	.232	2.316	100.000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

شكل ٢٠-٤ جزء من النتائج التي يخرجها SPSS في المرحلة الأولى من التحليل

وقد سجلت الجذور الكامنة (شكل ٢٠-٤) للمكونات العشرة الداخلة في التحليل. ولهذه القيم أهميتها إذ أن المجموع الكلي لتباين المتغيرات الداخلة في التحليل يساوي عدد المتغيرات (عشرة في مثالنا). وتفسر العوامل المستخلصة التباين بين هذه المتغيرات.

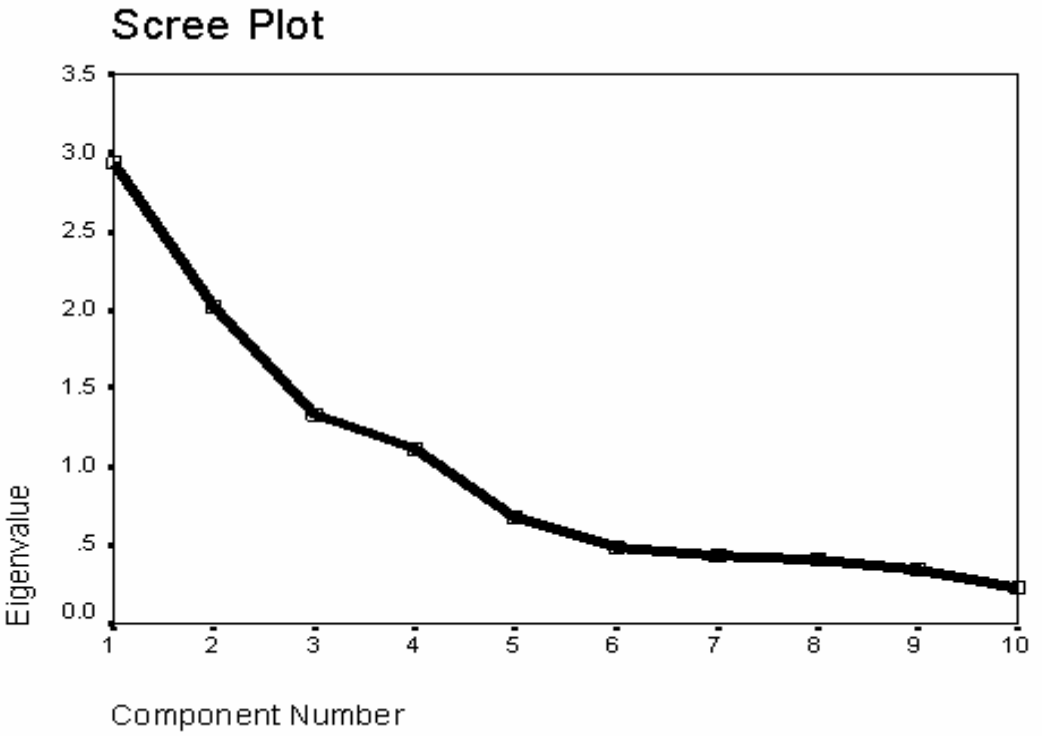
والجذر الكامن عبارة عن كمية تباين المتغيرات التي يفسرها العامل الذي تنتمي إليه هذه المتغيرات. ويجب أن يكون الجذر الكامن لعامل من العوامل مساويا صفرا أو أكبر، ولا يمكن أن يزيد عن التباين الكلي (عشرة في مثالنا الحالي). ونسبة تباين المتغيرات التي يفسرها العامل كما تبينها النتائج تساوي الجذر الكامن مقسوما على المجموع الكلي لتباين المتغيرات مضروبا في ١٠٠. مثال ذلك أن الجذر الكامن المرتبط بالعامل الأول يبلغ ٢,٩٣١ ونسبة التباين الكلي التي يفسرها العامل الأول تبلغ

(١٠/٢,٩٣١) ١٠٠ = ٢٩,٣١

كما يظهر من الصف الأول في شكل (١٩-٤).

وتفيد الجذور الكامنة في تحديد عدد العوامل التي يجب الخروج بها من التحليل العاملي. وهناك معايير متعددة في التراث البحثي لتحديد عدد العوامل التي تستخلص في التحليل بناء على حجم الجذور الكامنة. وأحد هذه المعايير ينص على الإبقاء على جميع العوامل التي يزيد جذرها الكامن على ١. وهذا هو المعيار الافتراضي في SPSS. ولا يعطي هذا المعيار نتائج دقيقة دائما. والمعيار الثاني هو دراسة الرسم البياني للجذور الكامنة (ويسمى Scree plot) والإبقاء على العوامل التي تظهر في الجزء شديد الانحدار

من المنحنى قبل أن يبدأ المنحنى في الاعتدال. وهذا المعيار كثيرا ما يعطي نتائج دقيقة أكثر من استخدام قيمة الجذر الكامن التي تزيد على ١. وباستخدام المعيار المستمد من الرسم البياني في (شكل ٢٠-٥) يتبين أنه يجب تدوير ثلاثة عوامل.



شكل ٢٠-٥ رسم بياني لقيم الجذر الكامن

تدوير العوامل:

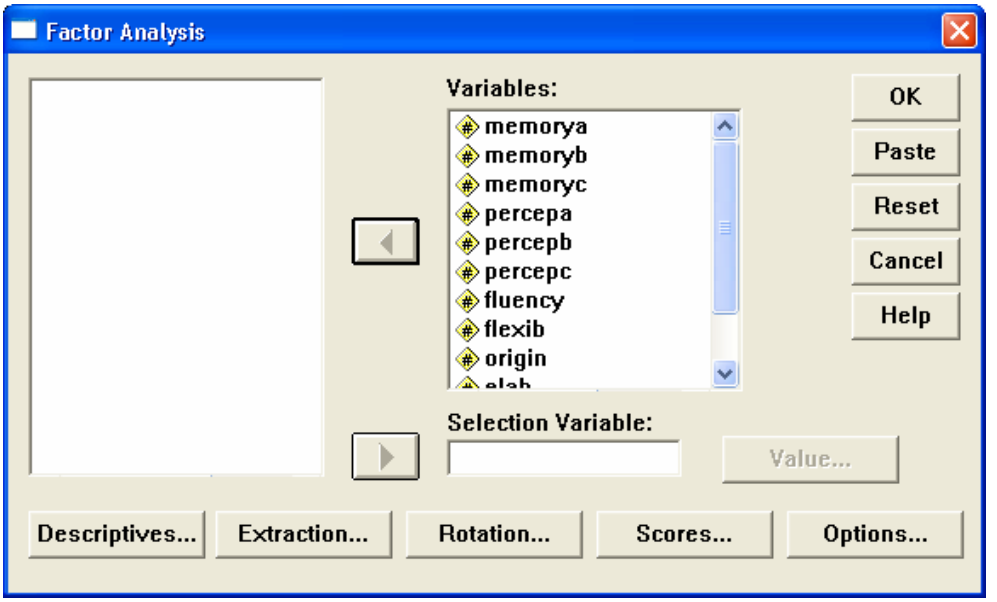
المرحلة الثانية هي تدوير العوامل.

طريقة التأشير والضغط:

١- اضغط على **Statistics** (الإصدار الثامن) أو على **Analyze** (الإصدارات التالية) ثم اضغط على **Data Reduction** ثم على **Factor** وسوف يظهر مربع الحوار المبين في شكل (٢٠-٢). وإذا لم تكن قد أغلقت البرنامج

فسوف ترى مربع الحوار والمتغيرات العشر مازالت في الجزء الخاص بالمتغيرات (شكل ٢٠-٦)

٢- اضغط على **Extraction ليظهر مربع الحوار المبين في شكل (٢٠-٧).**



شكل ٢٠-٦ مربع حوار التحليل العاملي بعد اختيار المتغيرات الداخلة في التحليل

٣- اضغط على **Number of Factors** ثم اكتب ٣ في المربع المجاور لعدد العوامل Number of Factors. وقد اخترنا الرقم ٣ بناء على الرسم البياني للجذور الكامنة.

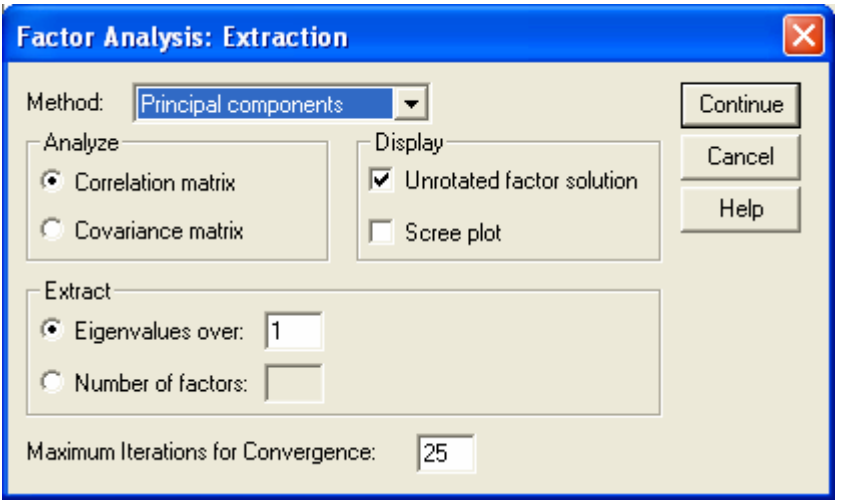
٤- اضغط على **Continue** للعودة إلى مربع الحوار في شكل (٢٠-٦).

٥- اضغط على **Descriptives** وسوف يظهر مربع حوار الإحصاء الوصفي الخاص بالتحليل العاملي (شكل ٢٠-٨).

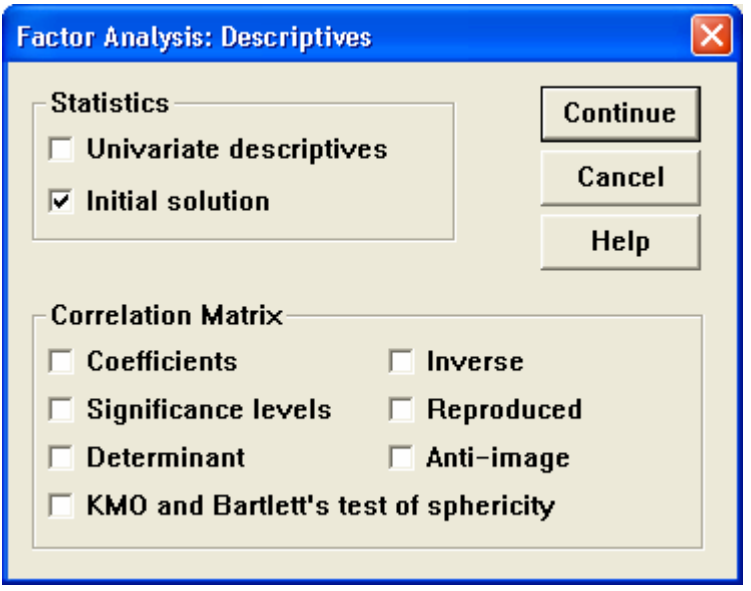
٦- اضغط على **Univariate descriptives** في مربع الإحصاء.

٧- اضغط على **Continue.**

٨- اضغط على **OK.**



شكل ٢٠-٧ مربع حوار استخلاص العوامل

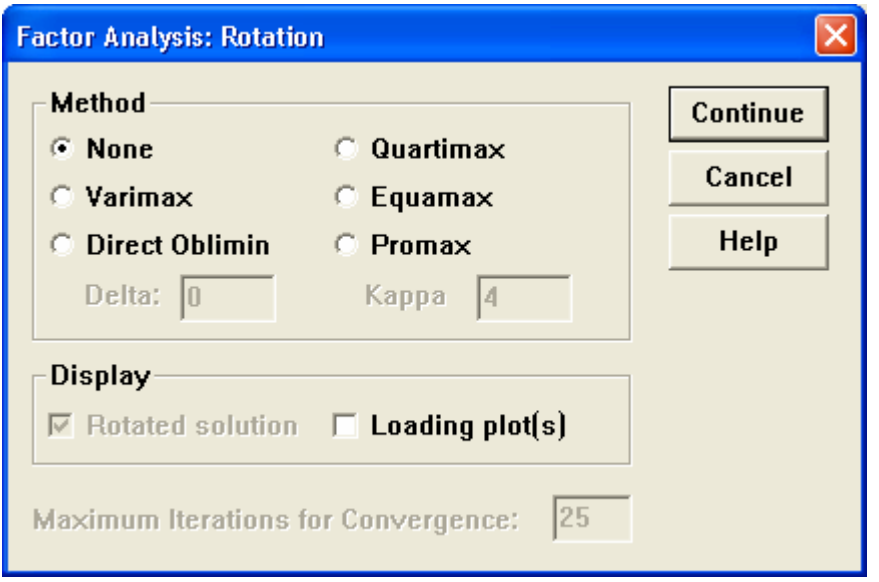


شكل٢٠-٨ الإحصاء الوصفي للتحليل العاملي

الطريقة اللغوية:

افتحالملف اللغوي واكتب الأمر التالي (ولا تنسى النقطة في نهاية الأمر). ويمكن استرجاع ملف Factors من الأسطوانة المرنة.

```
FACTOR
  /VARIABLES ALL
  /MISSING LISTWISE /ANALYSIS ALL
  /PRINT UNIVARIATE INITIAL EXTRACTION ROTATION
  /FORMAT SORT BLANK(.40)
  /CRITERIA FACTORS(3) ITERATE(25)
  /EXTRACTION PC
  /CRITERIA ITERATE(25)
  /ROTATION VARIMAX
  /METHOD=CORRELATION .
```



شكل ٢٠-٩ مربع حوار تدوير العوامل

نتائج تدوير ثلاثة عوامل:

يبين شكلا ٢٠-١٠ و٢٠-١١ مصفوفة العوامل بعد التدوير. وهذه المصفوفة تبين تشبعات العوامل وهي الارتباطات بين كل متغير والعوامل بعد التدوير المتعامد. ويمكن تفسير هذه العوامل بتسميتها بناء على حجم التشبعات. وفي مثالنا الحالي نجد أن

المتغيرات الأربعة الأولى مرتبطة بالعامـــل الأول وأن المتغيرات الثلاثة التالية مرتبطة بالعامل الثاني، في حين أن المتغيرات الثلاثة الأخيرة مرتبطة بالعامل الثالث. وإذا نظرنا إلى محتوى المتغيرات يمكن تسمية العامل الأول بعامل التفكيـــر الابتكـــاري أو القـــدرة الابتكارية، وتسمية العامل الثاني بعامل قدرات الذاكرة، والعامل الأخير قـــدرات الإدراك. وكثيرا ما تذكر البحوث المنشورة في المجلات العلمية أن نسبة التباين التي يفسرها كـــل من العوامل المدارة تشير إلى الأهمية النـــسبية لكـــل عامـــل. ويعطينـــا SPSS هـــذه الإحصائيات في الجانب الأيمن من الجدول (شكل ٢٠-١٠) تحت عنوان التبـــاين الكلـــي المفسر. ويتبين من ذلك أن نسبة التباين التي تفسرها العوامـــل الـــثلاث تبلـــغ ٦٢,٨٣٪ (٢٨,٣٤٪ و٢٠,٨٦٪ و١٣,٦٣٪ على التوالي). لاحظ أن هذه النسبة يجـــب أن تكـــون مطابقة لنسبة التباين التي تفسرها العوامل قبل تدويرها وتظهر هذه القيمة تحـــت عنـــوان (Extraction Sums of Squared Loadings).

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2.931	29.306	29.306	2.931	29.306	29.306	2.834	28.338	28.338
2	2.015	20.147	49.454	2.015	20.147	49.454	2.086	20.859	49.197
3	1.338	13.376	62.830	1.338	13.376	62.830	1.363	13.633	62.830
4	1.124	11.237	74.067						
5	.677	6.773	80.840						
6	.487	4.867	85.707						
7	.437	4.365	90.072						
8	.409	4.089	94.162						
9	.352	3.522	97.684						
10	.232	2.316	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

شكل ٢٠-١٠ جزء من نتائج التحليل العاملي لثلاثة عوامل

Rotated Component Matrix[a]

	Component		
	1	2	3
FLUENCY	.870		
ELAB	.840		
ORIGIN	.833		
FLEXIB	.787		
MEMORYB		.851	
MEMORYC		.824	
MEMORYA		.770	
PERCEPA			.762
PERCEPB			.731
PERCEPC			.461

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 4 iterations.

شكل ٢٠-١١ العوامل المستخلصة بعد التدوير