

## المحور السادس: التحليل العاملي للتوفيقات

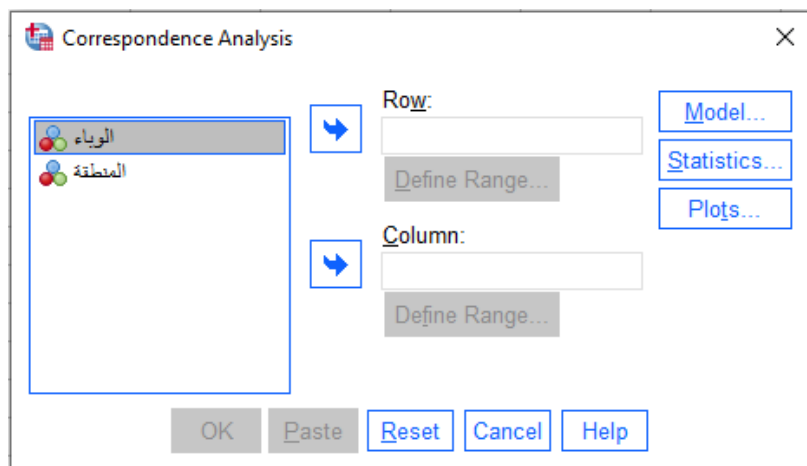
- 1- لمحة تاريخية على تقنية التحليل العاملي للتوفيقات:  
يعود الفضل في تطوير طريقة التحليل العاملي للتوفيقات إلى عالم الرياضيات والاحصاء **Jean-Paul Benzécri** الأستاذ في جامعة باريس (السوربون). سنة 1960-1970
- 2- تعريف تقنية التحليل العاملي للتوفيقات:  
التحليل العاملي للتوفيقات: "هو أسلوب إحصائي استكشافي يستخدم لتحليل جداول التوفيقات، أي الجداول التي تعبر عن متغيرين نوعيين". كما يعرف على أنه: "وسيلة قوية لاستخراج المعلومات من جداول التوفيقات، حيث يمكنه كشف الأنماط والتوجهات بين الفئات المختلفة، وقد يكون أداة فعالة في تحليل البيانات"
- 3- الهدف من استخدام تقنية التحليل العاملي للتوفيقات:
  - اختزال البيانات المتعددة في عوامل قليلة
  - تسليط الضوء على العلاقات بين المتغيرين
  - التمثيل البياني لأكبر قدر ممكن من المعلومات الموجودة في جدول البيانات في شكل بياني بسيط مكون من محورين.
- 4- خطوات تنفيذ تقنية التحليل العاملي للتوفيقات باستخدام برنامج SPSS:

لدينا مثال تطبيقي لتوزيع حالات الإصابة بأربعة أنواع من الأوبئة (A, B, C, D) عبر ثلاث مناطق جغرافية (المنطقة 1، 2، 3). لتنفيذ تقنية التحليل العاملي للتوفيقات باستخدام برنامج SPSS لهذا المثال التطبيقي نتبع الخطوات التالية:

❖ الخطوة الأولى: من القائمة المنسدلة للبرنامج نختار: Analyze → Dimension Reduction → Correspondence Analysis. كما هو موضح في الصورة:

The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Data Editor interface. The menu path is: Analyze → Dimension Reduction → Correspondence Analysis... The data table has two columns: 'الوباء' (Epidemic) and 'المنطقة' (Region). The data is as follows:

Case	الوباء	المنطقة
1	A	1
2	A	1
3	A	1
4	A	1
5	A	1
6	A	2
7	A	2
8	A	2
9	A	2
10	A	2
11	A	3
12	A	3
13	A	3
14	A	3
15	A	3
16	A	3
17	A	3
18	A	3
19	A	3
20	A	3



تخرج لنا نافذة "التحليل العاملي للتوفيقات (Correspondence Analysis)" من برنامج SPSS نقوم بتنفيذ الخطوات التالية:

1. اختيار المتغيرات (الخانات الرئيسية):  
  - Row (الصف): نضع في هذه الخانة المتغير الذي يمثل صفوف الجدول. في حالتك، قم بنقل متغير "الوباء" إلى هذه الخانة بالنقر على السهم العلوي.
  - Column (العمود): نضع في هذه الخانة المتغير الذي يمثل أعمدة الجدول. قم بنقل متغير "المنطقة" إلى هذه الخانة بالنقر على السهم السفلي.
2. تحديد المدى - (Define Range) خطوة أساسية  
 بمجرد نقل المتغيرات، ستفعل أزرار "Define Range" يجب عليك النقر على كل واحد منهما لتخبر البرنامج بعدد الفئات:

- بالنسبة لمتغير الوباء: نحدد المدى من 1 إلى 4 لأن لديك 4 أنواع (A, B, C, D).
- بالنسبة لمتغير المنطقة: نحدد المدى من 1 إلى 3 لأن لديك 3 مناطق (1، 2، و3)

❖ الخطوة الثانية: نضغط على أيقونة **Model...** تخرج لنا النافذة الموضحة في الصورة المقابلة:

من خلال هذه النافذة (Model) يتم تحديد كيف سيقوم البرنامج بمعالجة البيانات وإسقاطها على الرسم البياني. حيث:

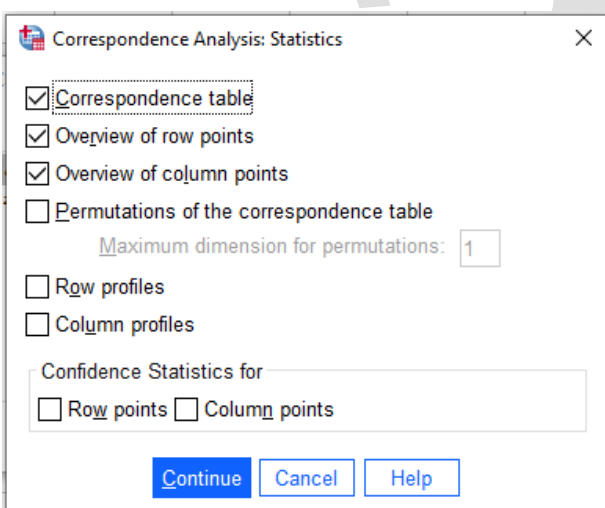
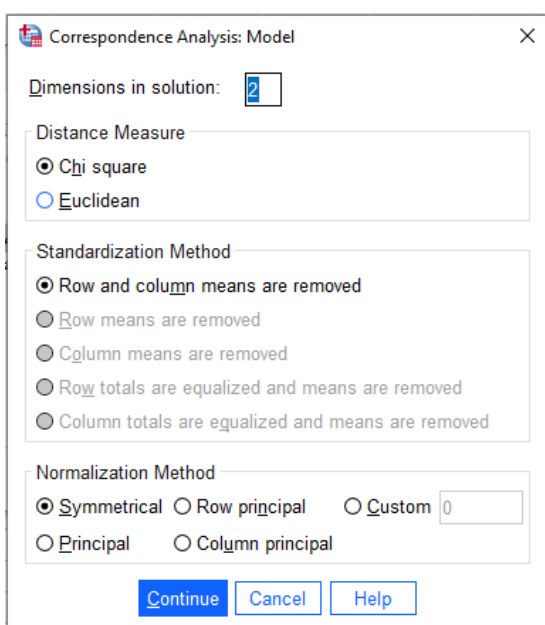
1. الأبعاد في الحل (Dimensions in solution)  
 القيمة (2): تعني أن البرنامج سيقوم بإنشاء محورين (X) و (Y) للرسم البياني. هذا ما سوف يبسط رؤية العلاقة بين الوباء والمنطقة، فالرقم 2 هو الخيار الأمثل والأكثر شيوعاً.
2. مقياس المسافة (Distance Measure)  
 Chi square كاي-مربع: هو الخيار الافتراضي والأساسي في تحليل التوفيقات. هو يقيس مدى "تباعد" أو "اختلاف" التوزيعات بين الصفوف والأعمدة. فمثلاً: إذا كانت المنطقة 1 تشبه المنطقة 2 في توزيع الأوبئة، ستكون المسافة بينهما صغيرة، والعكس صحيح.
3. طريقة التقييس (Standardization Method)  
 Row and column means are removed: تعني إزالة أثر المتوسطات العامة للصفوف والأعمدة. هذه الخطوة تجعل التحليل يركز فقط على "العلاقات الفريدة" بين الأوبئة والمناطق، وليس على كثرة الحالات الإجمالية. فبدون إزالة هذه المتوسطات، سيمثل لنا الرسم البياني فقط من هو الوباء الأكثر عدداً. لكن مع إزالتها، سيمثل الرسم الوباء: وعلاقته الحقيقية بالمناطق.
4. طريقة التسوية (Normalization Method)  
 Symmetrical: هذا الخيار يحدد كيف سيتم توزيع النقاط على الرسم البياني، والخيار المحدد عندك هو الأفضل: Symmetrical التناسل: هو الخيار الأكثر استخداماً لأنه يسمح لك بمقارنة الصفوف والأعمدة (الأوبئة والمناطق) في نفس الرسم وبنفس المقياس.

عند الانتهاء من تحديد الخيارات، نضغط على أيقونة **Continue**

الخطوة الثانية: نضغط على أيقونة **Statistics...** تخرج لنا النافذة التالية:

❖ تتعلق هذه النافذة بـ الإحصاءات (Statistics) التي سيقوم برنامج SPSS بعرضها في مخرجات التحليل (Output) الخيارات المحددة في صورتك هي الخيارات الأساسية والضرورية لفهم "أين تكمن العلاقات" في جدولك.

1. جدول التوافق (Correspondence table)  
 إليك شرح ما ستحصل عليه بناءً على اختياراتك:  
 هذا هو الخيار الأول والمحدد تلقائياً. سيقوم البرنامج بإعادة عرض الجدول الأصلي الذي أدخلته (الأوبئة مقابل المناطق) مع إضافة المجموع.
2. نظرة عامة على نقاط الصفوف (Overview of row points)  
 بما أن "الصفوف" في مثالنا هي الأوبئة (A, B, C, D)، فإن هذا الجدول سيعطينا معلومات رقمية دقيقة عن كل وباء (الكتلة (Mass) العطالة (Inertia) والإحداثيات (Coordinates)) وستتعرف عليها بالتفصيل في النتائج.
3. نظرة عامة على نقاط الأعمدة (Overview of column points)



بما أن "الأعمدة" في مثالنا هي المناطق (1، 2، 3) فإن هذا الجدول سيقدم نفس المعلومات السابقة (الكتلة، العطالة، الإحداثيات) ولكن للمناطق. عند الانتهاء من تحديد الخيارات، نضغط على أيقونة **Continue** ثم نضغط على أيقونة **OK** تخرج لنا نافذة النتائج. والتي سنشرحها فيما يلي:

❖ **الجدول الأول:**

**Correspondence Table**

الوباء	المنطقة			Active Margin
	1 المنطقة	2 المنطقة	3 المنطقة	
A الوباء	5	5	30	40
B الوباء	5	25	5	35
C الوباء	15	5	5	25
D الوباء	15	5	0	20
Active Margin	40	40	40	120

يُظهر الجدول المرفق جدول التوافق (Correspondence-Table) توزيع حالات الإصابة بأربعة أنواع من الأوبئة (A, B, C, D) عبر ثلاث مناطق جغرافية (المنطقة 1، 2، 3). تمثل الأرقام الموجودة في الجدول التكرارات (Frequencies)، وهي تحديداً عدد حالات الإصابة المرصودة لكل وباء في كل منطقة. حيث أن:

- الأرقام في الخلايا الداخلية (مثل 30، 25، 15): هي عدد المرات التي التقى فيها "وباء معين" مع "منطقة معينة". على سبيل المثال، الرقم 30 يعني أنه تم تسجيل 30 حالة إصابة بالوباء A في المنطقة 3.
- الأرقام في صف "Active Margin" في الأسفل: تمثل المجموع الكلي للحالات في كل منطقة (إجمالي الأعمدة). هنا نجد أن كل منطقة سجلت 40 حالة إجمالاً، بغض النظر عن نوع الوباء.
- الأرقام في عمود "Active Margin" على اليسار: تمثل المجموع الكلي للإصابات لكل نوع من الأوبئة (إجمالي الصفوف). مثلاً، مجموع حالات الوباء A في كل المناطق هو 40 حالة.
- الرقم الأخير (120): هو المجموع الكلي لجميع الحالات المرصودة في الدراسة (حجم العينة الكلي)، وهو حاصل جمع إجمالي الصفوف أو إجمالي الأعمدة.

❖ **الجدول الثاني:**

**Summary**

Dimension	Singular Value	Inertia	Chi Square	Sig.	Proportion of Inertia		Confidence Singular Value	
					Accounted for	Cumulative	Standard Deviation	Correlation
1	,641	,410			,618	,618	,069	,180
2	,503	,253			,382	1,000	,086	
Total		,663	79,607	,000 <sup>a</sup>	1,000	1,000		

a. 6 degrees of freedom

هذا الجدول هو ملخص النموذج (Summary Table)

في تحليل التناظر، وهو أهم جدول للتحقق من جودة التحليل ككل قبل الدخول في التفاصيل. إليك شرح الخانات الأساسية بناءً على الأرقام الظاهرة:

**1. الأبعاد (Dimensions)**

يظهر هنا أن التحليل استخرج بُعدين (1 و 2). البعد الأول هو الأهم لأنه يشرح الجزء الأكبر من البيانات.

**2. القيم المفردة (Singular Value)**

• البعد الأول / 0.641: البعد الثاني. 0.503:

• هذه القيم تمثل معامل الارتباط بين الصفوف والأعمدة لكل بُعد. بما أنها بعيدة عن الصفر، فهذا يعني وجود علاقة جيدة بين المتغيرات.

•  $(\text{Singular Value})^2 = \text{Inertia}$

### 3. العطالة أو القصور الذاتي (Inertia)

- هي مقدار التشتت أو "المعلومات" التي يفسرها كل بعد.
- إجمالي العطالة (Total) هو 0.663 هذا الرقم هو الذي سيتم تقسيم النسب عليه.

### 4. اختبار كاي تربيع (Chi-Square) والأهمية (Sig.)

- قيمة كاي تربيع هي 79.607 بمستوى دلالة أقل من 0.001.
- التفسير: بما أن القيمة أصغر من 0.05، فهذا يعني وجود علاقة ارتباط (توافق) دالة إحصائياً بين متغير الصفوف ومتغير الأعمدة، وأن النتائج ليست مجرد صدفة.

### 5. نسبة القصور الذاتي (Proportion of Inertia)

هذا هو الجزء الأهم للقارئ:

- Accounted for البعد الأول يفسر 61.8% من البيانات، والبعد الثاني يفسر 38.2%
- Cumulative التراكمي: (البعدان معاً يفسران 100% من إجمالي التباينات (الاختلافات) في البيانات. هذا يعني أن الرسم البياني ثنائي الأبعاد (X, Y) الذي سنحصل عليه يمثل العلاقة بين المتغيرات بشكل كامل ودقيق جداً.
- كل هذا يعني أن هذا النموذج ممتاز وقوي جداً: لأن البعدين نجحنا في استيعاب 100% من المعلومات الموجودة في الجدول الأصلي، وهناك دلالة إحصائية قوية للعلاقة بين المتغيرات.

### Overview Row Points<sup>a</sup>

الوباء	Mass	Score in Dimension			Inertia	Contribution			
		1	2	Of Point to Inertia of Dimension		Of Dimension to Inertia of Point		Total	
						1	2		1
الوباء A	,333	1,097	,148	,260	,626	,015	,986	,014	1,000
الوباء B	,292	-,397	-1,047	,190	,072	,636	,155	,845	1,000
الوباء C	,208	-,424	,638	,067	,058	,169	,359	,641	1,000
الوباء D	,167	-,968	,739	,146	,244	,181	,686	,314	1,000
Active Total	1,000			,663	1,000	1,000			

a. Symmetrical normalization

هذا الجدول هو نظرة عامة على نقاط الصفوف (Overview Row Points) لمتغير "الوباء". وهو يحلل بالتفصيل دور كل فئة من فئات الوباء (A, B, C, D) في بناء النتائج. وفيما يلي شرح الأعمدة وما تعنيه الأرقام الموجودة فيها:

### 1. الكتلة (Mass)

تعبّر عن الوزن النسبي أو "الأهمية الحجمية" لكل فئة في عينة الدراسة. فمثلاً الوباء A نسبة تكراره هي (0.333) 33.3%

### 2. الإحداثيات (Score in Dimension)

هذه هي "مواقع" النقاط التي سترها في الرسم البياني. فمثلاً في البعد 1: نلاحظ أن الوباء A إحداثيته (1.097)، بينما إحداثيته على المحور 2 هي (0.148).

### 3. العطالة (Inertia)

توضح مقدار المساهمة المطبقة لكل فئة في إجمالي التباين الكلي. فالوباء A يمتلك تباين بمقدار (0.260).

### 4. مساهمة النقطة في عطالة (تباين) البعد (Contribution of Point to Inertia of Dimension)

تخبرنا: من الذي "صنع" هذا المحور؟

- في البعد 1: نجد أن الوباء A هو المسؤول الأول عن تكوينه بنسبة (0.626) 62.6%

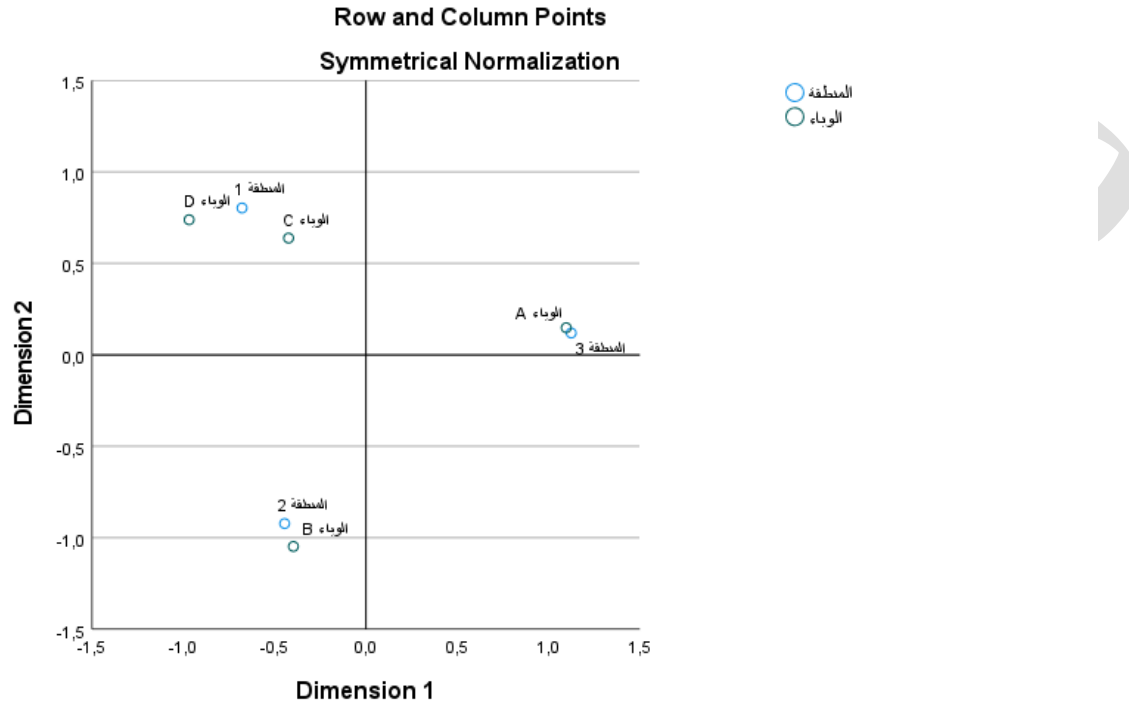
- في البعد 2: نجد أن الوباء B هو المسيطر والمحدد لهذا المحور بنسبة (0.636) 63.6%

### 5. مساهمة البعد في عطالة (تباين) النقطة (Contribution of Dimension to Inertia of Point)

تخبرنا: هل المحور يمثل هذه الفئة بشكل صحيح؟

- الوباء A: يمثل البعد الأول بشكل شبه مثالي (0.986)، أي بنسبة 98.6%

- الوباء B: يمثل البعد الثاني بشكل قوي جداً (0.845)
  - الوباء C: هو الفئة الأقل استقراراً، حيث يتوزع شرحها بين البعدين (35.9% للأول و 64.1% للثاني).
- أما الجدول (Overview of column points) هو نظرة عامة على نقاط الأعمدة لمتغير "المناطق". وهو يحلل دور كل فئة من المناطق في بناء النتائج (نفس شرح الجدول السابق)



هذا الرسم البياني هو الخريطة الإدراكية (Biplot) الناتجة عن التحليل العاملي للتوفيقات الذي تم تنفيذه. هو يختصر كل الأرقام الموجودة في الجدول الأصلي ويحولها إلى "مسافات بصرية" تعبر عن قوة الارتباط.

### 1. تفسير المجموعات (Clusters)

- تؤكد الرسم البياني وجود ثلاث علاقات توافق قوية جداً (حيث تتقارب نقاط الوباء مع نقاط المناطق):
- الارتباط الأول (الجهة اليمنى): نلاحظ تقارباً شديداً بين المنطقة 3 والوباء A. هذا يعني أن الوباء A هو الغالب في المنطقة 3، وهو ما يفسر بعدهما عن بقية النقاط على المحور الأفقي (Dimension 1).
  - الارتباط الثاني (الجهة اليسرى العلوية): تظهر المنطقة 1 محاطة بالوباء C و D. هذا يشير إلى أن هذه المنطقة تشترك في خصائص وبائية معينة تجعلها بيئة خصبة لهذين النوعين تحديداً.
  - الارتباط الثالث (الجهة اليسرى السفلية): تنجذب المنطقة 2 نحو الوباء B. هذا التقارب يعكس الأرقام العالية التي رأيناها في الجدول لهذا الثنائي.

### 2. تفسير الأبعاد (Dimensions)

- البعد الأول الأفقي: (Dimension 1) - هو المحور الأهم، ويظهر بوضوح الفرق بين "المنطقة 3" (في أقصى اليمين) وبقية المناطق (في اليسار). هذا يعني أن المنطقة 3 تختلف جذرياً في ملفها الوبائي عن المنطقتين 1 و 2.
- البعد الثاني الرأسي: (Dimension 2) - يوضح الاختلاف بين المنطقة 1 (في الأعلى) والمنطقة 2 (في الأسفل). أي أنه رغم وجودهما في جهة واحدة على المحور الأفقي، إلا أنهما تختلفان في أنواع الأوبئة المنتشرة فيهما C و D مقابل B

### 3. بُعد النقاط عن المركز (نقطة الأصل 0,0)

- تلاحظ أن جميع النقاط (الأوبئة والمناطق) بعيدة نسبياً عن مركز التقاطع 0,0. هذا يعني احصائياً أن هناك علاقة توافق قوية ومعنوية في جدول البيانات. فلو كانت الأوبئة موزعة بالتساوي وبشكل عشوائي بين المناطق، لرأينا جميع النقاط متجمعة حول المركز.