جامعة محمد الصديق بن يحي جيجل

كلية العلوم الانسانية والاجتماعية

قسم علم الاجتماع

الإحصاء الاستدلالي في البحوث العلمية

Inferential Statistics in Scientific Research

إعداد الدكتورة: سامية بوكحيل

محاضرة في منهجية البحث والتحليل الإحصائي

مناهج البحث العلمي - التحليل الإحصائي التطبيقي

فهرس المحتويات

المحور الأول: أهمية الإحصاء الاستدلالي في البحوث العلمية 01

المحور الثاني: المفاهيم الأساسية في الإحصاء الاستدلالي (1) 02

المتغيرات وأنواعها، طبيعة التوزيع، حجم العينة وقوة الاختبار

المحور الثالث: المفاهيم الأساسية في الإحصاء الاستدلالي (2) 03

درجات الحرية، مستوى الخطأ، مستوى الدلالة، القيمة المحسوبة والمجدولة، اتخاذ القرار الإحصائي

المحور الرابع: العناصر المنهجية المؤثرة في اختيار الاختبارات (1) 04

الفرضيات البحثية، العينات: عددها وطبيعتها

المحور الخامس: العناصر المنهجية المؤثرة في اختيار الاختبارات (2) 05

مستوى القياس، نموذج لتحديد الاختبارات الإحصائية واستعمالاتها

المحور الأول: أهمية الإحصاء الاستدلالي في البحوث العلمية

1-1 مفهوم الإحصاء الاستدلالي

الإحصاء الاستدلالي (Inferential Statistics) هو فرع من فروع علم الإحصاء يتناول طرق استخراج النتائج واستنتاجها بشأن المجتمع الإحصائي الكلي (Population) انطلاقاً من دراسة عينة ممثلة (Sample) منه. يهدف هذا الفرع إلى الوصول إلى تعميمات دقيقة وقابلة للثقة حول خصائص المجتمع ككل من خلال تحليل البيانات المتاحة من العينة. يختلف الإحصاء الاستدلالي عن الإحصاء الوصفي (Descriptive Statistics) الذي يقتصر على وصف وتلخيص البيانات المتاحة دون محاولة التعميم خارج نطاقها.

يعتمد الإحصاء الاستدلالي على نظرية الاحتمالات (Probability Theory) كأساس رياضي لعملية الاستدلال. فمن خلال خصائص التوزيعات الاحتمالية المختلفة مثل التوزيع الطبيعي (Normal Distribution) وتوزيع ت (t-Distribution) وتوزيع مربع كاي (Chi-Square Distribution)، يمكن للباحث حساب احتمالية حدوث النتائج التي حصل عليها عرضاً أي نتيجة الصدفة وحدها. وبناءً على هذا الاحتمال يتخذ الباحث قراره بقبول أو رفض فرضياته البحثية. وهكذا يتحول البحث العلمي من مجرد وصف ظاهرات إلى تفسيرها والتنبؤ بها والتعميم منها.

1-2 الفرق بين الإحصاء الوصفي والاستدلالي

المعيار	الإحصاء الوصفي	الإحصاء الاستدلالي
الهدف	وصف وتلخيص البيانات المتاحة	التعميم من العينة على المجتمع الكلي
النطاق	يقتصر على البيانات المعينة فقط	يتجاوز العينة لاستنتاج خصائص المجتمع
الأدوات	المتوسط، الانحراف المعياري، التكرارات	اختبار الفرضيات، فترات الثقة
الاحتمال	لا يستخدم نظرية الاحتمالات	يعتمد على نظرية الاحتمالات بشكل أساسي
الخطأ	لا يتعرض لقضايا أخطاء الاستدلال	يراعي احتمال الخطأ في الاستنتاج

1-3 أهمية الإحصاء الاستدلالي في البحوث العلمية

تتجلى أهمية الإحصاء الاستدلالي في كونه الأداة المنهجية الرئيسية التي تمكّن الباحث العلمي من الانتقال من مستوى الملاحظة والوصف إلى مستوى التفسير والتعميم والتنبؤ. وفيما يلي أبرز جوانب هذه الأهمية:

أ- التعميم من العينة إلى المجتمع

تُعد القدرة على التعميم من أهم ما يميز البحث العلمي الرصين عن مجرد جمع المعلومات. فعندما يدرس الباحث عينة من المجتمع، فإنه لا يهتم بخصائص تلك العينة فحسب، بل يهدف إلى استنتاج خصائص المجتمع الكلي الذي سُحبت منه العينة. وهذا ما يوفره الإحصاء الاستدلالي من خلال أدوات مثل فترات الثقة (Confidence Intervals) التي تحدد مدى الدقة المتوقعة في تقدير معالم

المجتمع، وأختبارات الفرضيات (Hypothesis Testing) التي تسمح بالتحقق من صحة الادعاءات البحثية.

ب- اختبار الفرضيات البحثية

يُعد اختبار الفرضيات الجوهر الأساسي للبحث العلمي التجريبي والوصفي الت explanative. فمن خلال أدوات الإحصاء الاستدلالي يستطيع الباحث أن يحدد بدقة ما إذا كانت النتائج التي توصل إليها تعكس علاقات حقيقية بين المتغيرات أم أنها مجرد نتائج عرضية يمكن أن تحدث بالصدفة. على سبيل المثال، عندما يجد باحث في علم الاجتماع أن هناك ارتباطاً بين مستوى التعليم ومستوى المشاركة السياسية، فإن الإحصاء الاستدلالي يتيح له تحديد ما إذا كان هذا الارتباط حقيقياً ويمكن تعميمه على المجتمع بأسره أم أنه ناتج عن الصدفة العشوائية في اختيار العينة.

ج- تقدير دقة النتائج واحتمال الخطأ

يتميز الإحصاء الاستدلالي بقدرته على تحديد مقدار عدم اليقين المرافق لأي استنتاج إحصائي. فمن خلال مفاهيم مثل مستوى الدلالة (Significance Level) وفترات الثقة والقيمة الاحتمالية (P-value)، يمكن للباحث أن يعبّر عن نتائجه بلغة احتمالية دقيقة بدلاً من اليقين المطلق أو التخمين. هذه الخاصية تجعل النتائج العلمية أكثر شفافية وقابلية للنقد والمراجعة، وهو ما يسهم في تراكم المعرفة العلمية بشكل منهجي وموثوق.

د- المقارنة بين المجموعات والظواهر

يُمكّن الإحصاء الاستدلالي الباحث من إجراء مقارنات دقيقة وموثوقة بين مجموعات مختلفة أو بين ظواهر متباينة. سواء أكان الباحث يقارن بين متوسطات مجموعتين (مثل اختبار ت للمستقلات Independent Samples T-Test) أو بين أكثر من مجموعتين (مثل تحليل التباين ANOVA) أو يبحث عن علاقات بين متغيرات (مثل

معامل الارتباط correlation)، فإن الإحصاء الاستدلالي يوفر الأدوات الإجرائية المناسبة لتحديد ما إذا كانت الفروق أو العلاقات الملاحظة دالة إحصائياً أم لا.

هـ- دعم اتخاذ القرار في المجالات المختلفة

لا يقتصر استخدام الإحصاء الاستدلالي على الأوساط الأكاديمية فحسب، بل يمتد إلى مختلف المجالات التطبيقية كالسياسة العامة والصحة والتعليم والإدارة والاقتصاد. فصانعو القرار في هذه المجالات يحتاجون إلى أدلة إحصائية قوية لدعم قراراتهم وتقييم فعالية السياسات والبرامج. على سبيل المثال، في مجال السياسة الاجتماعية، يُستخدم الإحصاء الاستدلالي لتقييم أثر برامج الرعاية الاجتماعية على مستوى معيشة الأسر المستفيدة، مما يساعد في تحسين هذه البرامج وتوجيه الموارد بشكل أفضل.

و- التحكم في الخطأ وزيادة موثوقية البحث

يوفر الإحصاء الاستدلالي إطاراً منهجياً للتحكم في نوعين رئيسيين من الأخطاء: الخطأ من النوع الأول (Type I Error) المتمثل في رفض فرضية صفرية صحيحة، والخطأ من النوع الثاني (Type II Error) المتمثل في قبول فرضية صفرية خاطئة. ومن خلال التحكم في مستوى الدلالة وحساب قوة الاختبار (Power of Test)، يمكن للباحث تحقيق التوازن الأمثل بين هذين النوعين من الأخطاء، مما يرفع من جودة البحث وموثوقية نتائجه. كما أن تقنيات تحديد حجم العينة المناسب (Sample Size Determination) قبل إجراء البحث تساعد في ضمان قدرة الاختبار الإحصائي على اكتشاف الفروق والعلاقات الحقيقية إن وُجدت.

المحور الثاني: المفاهيم الأساسية في الإحصاء الاستدلالي (1)

2-1 المتغيرات وأنواعها

المتغير (Variable) هو أي خاصية أو صفة أو سمة يمكن أن تتغير قيمتها من فرد لآخر أو من حالة إلى أخرى ضمن مجموعة الدراسة. يُعد المتغير المفهوم المحوري في البحث العلمي، إذ يتعلق بكل ما يقوم الباحث بقياسه أو ملاحظته أو مقارنته. فهم طبيعة المتغيرات وأنواعها يمثل الخطوة الأولى نحو اختيار الأدوات الإحصائية المناسبة للتحليل.

أ- المتغير المستقل (Independent Variable)

هو المتغير الذي يفترض الباحث أنه يُحدث تأثيراً أو تغييراً في متغير آخر. يُطلق عليه أيضاً المتغير التفسيري أو السببي (Explanatory/Causal Variable). في التجارب العلمية، يكون المتغير المستقل هو الذي يتحكم فيه الباحث ويعمل على تغييره لدراسة أثره. مثال: في دراسة أثر مستوى التعليم على المشاركة السياسية، يُعد مستوى التعليم متغيراً مستقلاً لأنه العامل المفترض أنه يؤثر في مستوى المشاركة.

ب- المتغير التابع (Dependent Variable)

هو المتغير الذي يتأثر بالمتغير المستقل ويُفترض أنه يتغير بتغيره. يُسمى أيضاً المتغير الاستجابي (Response Variable) أو المتغير المُفسَّر (Explained Variable). مثال: في المثال السابق، تُعد المشاركة السياسية متغيراً تابعاً لأنها النتيجة أو الاستجابة المتوقعة لتغير مستوى التعليم.

ج- المتغير المتدخل (Intervening/Mediating Variable)

هو متغير وسيط يقع بين المتغير المستقل والتابع ويُفسّر العلاقة بينهما أو ينقل التأثير من الأول إلى الثاني. مثال: في العلاقة بين التعليم والمشاركة السياسية، قد يكون الوعي السياسي متغيراً متدخلاً لأن التعليم قد يزيد من الوعي السياسي الذي بدوره يزيد من المشاركة السياسية.

د- المتغير المُعدِّل (Moderating Variable)

هو متغير يؤثر في قوة أو اتجاه العلاقة بين المتغير المستقل والتابع. مثال: قد يؤثر الجنس (ذكر/أنثى) في قوة العلاقة بين التعليم والمشاركة السياسية، بحيث تكون العلاقة أقوى لدى الرجال أو النساء.

هـ- المتغير الضابط (Control Variable)

هو متغير يتحكم فيه الباحث أو يُبقيه ثابتاً لضمان أن العلاقة الملاحظة بين المتغير المستقل والتابع ليست ناتجة عن متغيرات أخرى. مثال: عند دراسة أثر التعليم على الدخل، يُعد العمر متغيراً ضابطاً لأنه قد يؤثر في الدخل بشكل مستقل.

2-2 طبيعة التوزيع الإحصائي

التوزيع الإحصائي (Statistical Distribution) هو نمط توزيع قيم المشاهدات على نطاقها الممكن. يُعد فهم طبيعة توزيع البيانات شرطاً أساسياً لاختيار الاختبارات الإحصائية المناسبة، فالعديد من الاختبارات البارامترية تشترط أن يكون التوزيع طبيعياً أو قريباً من الطبيعي.

أ- التوزيع الطبيعي (Normal Distribution)

يُعد التوزيع الطبيعي أهم التوزيعات في الإحصاء الاستدلالي، وهو يتميز بشكل الجرس (Bell-Shaped Curve) حيث تتكدس القيم حول المتوسط وتقل تدريجياً عند الانتقال نحو الأطراف. يتسم هذا التوزيع بالتقارب (Symmetry) حيث يتساوى الالتواء عن يمين المتوسط وعن يساره، ويكون الالتواء (Skewness) مساوياً لصفر والتفلطح (Kurtosis) مساوياً لثلاثة. أهم خصائص التوزيع الطبيعي أن القاعدة الثلاثية تنص على أن حوالي 68% من القيم تقع ضمن انحراف معياري واحد من المتوسط، و95% ضمن انحرافين معياريين، و99.7% ضمن ثلاثة انحرافات معيارية.

ب- التوزيعات غير الطبيعية

عندما لا تتوزع البيانات بشكل طبيعي، قد تأخذ أحد الأشكال التالية: التوزيع المنحرف إيجابياً (Positively Skewed) حيث تتجمع القيم عند الطرف الأدنى مع ذيل طويل يميناً، والتوزيع المنحرف سلبياً (Negatively Skewed) حيث تتجمع القيم عند الطرف الأعلى مع ذيل طويل يساراً، والتوزيع المسطح (Platykurtic) أو المحدب (Leptokurtic) حسب درجة التفلطح. في هذه الحالات، يلجأ الباحث إلى الاختبارات غير البارامترية (Non-parametric Tests) كبديل عن الاختبارات البارامترية.

ج- أهمية التوزيع في اختيار الاختبار

تعتمد الاختبارات البارامترية (مثل اختبار ت وتحليل التباين ومعامل الارتباط بيرسون) على فرضية التوزيع الطبيعي للبيانات. إذا لم تتحقق هذه الفرضية، يجب استخدام بدائل غير بارامترية (مثل اختبار مان-ويتني واختبار كروسكال-واليس ومعامل ارتباط سبيرمان). وللتحقق من التوزيع الطبيعي، يُستخدم اختبار شابيرو-ويلك (Shapiro-Wilk) للعينات الصغيرة أو اختبار كولموجروف-سميرنوف (Kolmogorov-Smirnov) للعينات الكبيرة.

2-3 حجم العينة وقوة الاختبار

أ- حجم العينة (Sample Size)

يُعد حجم العينة (n) من أهم العوامل المؤثرة في دقة نتائج التحليل الإحصائي وموثوقيتها. فكلما كبر حجم العينة، زادت دقة تقدير معالم المجتمع وزادت قدرة الاختبار الإحصائي على اكتشاف الفروق والعلاقات الحقيقية. ويؤثر حجم العينة بشكل مباشر في الخطأ المعياري (Standard Error) الذي يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لحجم العينة. وعليه، فإن مضاعفة حجم العينة لا تضاعف الدقة بل تزيدها بنسبة الجذر التربيعي للاثنين أي حوالي 1.41 مرة.

يوجد عدة طرق لتحديد حجم العينة المناسب، منها القواعد التقليدية مثل قاعدة الخمسين (50 مشاهدة كحد أدنى لكل متغير في تحليل الانحدار) وقاعدة العشرة (10 مشاهدات لكل متغير مستقل)، والطرق الاحتمالية التي تعتمد على مستوى الدلالة المطلوب وقوة الاختبار المطلوبة وحجم التأثير المتوقع. وتُعد الطرق الاحتمالية أكثر دقة وعلمية من القواعد التقليدية.

ب- قوة الاختبار (Power of Test)

قوة الاختبار هي احتمال رفض الفرضية الصفرية عندما تكون خاطئة فعلاً، أي احتمال اتخاذ القرار الصحيح بوجود فرق أو علاقة حقيقية. تُحسب قوة الاختبار بالمعادلة:

$$\text{Power} = 1 - \text{Beta}$$

حيث Beta هو احتمال الخطأ من النوع الثاني (قبول فرضية صفرية خاطئة). يُقبل عموماً أن تكون قوة الاختبار 0.80 (80%) أو أكثر.

تتأثر قوة الاختبار بعدة عوامل رئيسية: حجم العينة (فكلما زاد حجم العينة زادت القوة)، مستوى الدلالة (فكلما زاد مستوى الدلالة زادت القوة)، وحجم التأثير الحقيقي (فكلما كان التأثير الحقيقي أكبر زادت القوة). ويمكن للباحث حساب حجم العينة المطلوب مسبقاً لتحقيق قوة اختبار محددة باستخدام برامج متخصصة مثل G*Power.

ملاحظة: الاختبار الضعيف (Low Power) يعني أن الباحث قد يفشل في اكتشاف تأثيرات أو فروق حقيقية، مما يؤدي إلى استنتاجات خاطئة تتمثل في قبول الفرضية الصفرية مع أنها خاطئة. لذلك يجب دائماً مراعاة قوة الاختبار عند تصميم الدراسة وتحديد حجم العينة.

المحور الثالث: المفاهيم الأساسية في الإحصاء الاستدلالي (2)

3-1 درجات الحرية (Degrees of Freedom)

درجات الحرية (df) هي عدد القيم في الحساب الإحصائي التي يمكن أن تتباين بحرية بعد فرض قيود أو شروط معينة على البيانات. تعكس درجات الحرية كمية المعلومات المتاحة في البيانات لتقدير معالم المجتمع. يُشبه مفهوم درجات الحرية عدد الخيارات المتاحة للباحث بعد استنفاد بعضها في حساب متغير آخر.

تختلف طريقة حساب درجات الحرية باختلاف الاختبار الإحصائي المستخدم. ففي اختبار ت لعينة واحدة تكون درجات الحرية مساوية لـ (n - 1)، وفي اختبار ت لعينتين

مستقلتين تكون (n1 + n2 - 2)، وفي تحليل التباين الأحادي تكون (n - k) للمجموعات الكلية حيث k هو عدد المجموعات. تلعب درجات الحرية دوراً حاسماً في تحديد شكل توزيع الاختبار الإحصائي والقيمة الحرجة اللازمة لاتخاذ القرار. فكلما زادت درجات الحرية، اقترب توزيع الاختبار من التوزيع الطبيعي القياسي.

الاختبار الإحصائي	معادلة درجات الحرية
اختبار ت لعينة واحدة	df = n - 1
اختبار ت لعينتين مستقلتين	df = n1 + n2 - 2
تحليل التباين الأحادي (Within groups)	df = n - k
مربع كاي للاستقلالية	df = (r - 1)(c - 1)
مربع كاي لحسن التوافق	df = k - 1
معامل الارتباط بيرسون	df = n - 2

3-2 مستوى الخطأ (Error Level)

في أي عملية استدلال إحصائي، هناك احتمال دائم لوقوع الخطأ بسبب طبيعة العينات العشوائية. يتم التعامل مع هذا الخطأ من خلال مفهومين أساسيين:

أ- الخطأ من النوع الأول (Type I Error - Alpha)

يُعرَّف الخطأ من النوع الأول بأنه رفض الفرضية الصفرية في حين أنها صحيحة فعلاً، أي أن الباحث يستنتج وجود فرق أو علاقة دالة إحصائياً بينما لا يوجد فرق أو علاقة حقيقية في المجتمع. يُرمز لهذا الخطأ بالرمز ألفا

(Alpha) ويُعادل مستوى الدلالة الذي يحدده الباحث. فمثلاً، عندما يُحدد الباحث مستوى الدلالة عند 0.05، فإنه يقبل احتمال 5% لوقوع هذا الخطأ.

ب- الخطأ من النوع الثاني (Type II Error - Beta)

يُعرَّف الخطأ من النوع الثاني بأنه قبول الفرضية الصفرية في حين أنها خاطئة فعلاً، أي أن الباحث يستنتج عدم وجود فرق دال إحصائياً بينما يوجد فرق حقيقي في المجتمع. يُرمز لهذا الخطأ بالرمز بيتا (Beta). يرتبط هذا الخطأ ارتباطاً عكسياً بالخطأ من النوع الأول: فكلما قللنا من احتمال الخطأ الأول (بتقليل مستوى الدلالة)، زاد احتمال الخطأ الثاني والعكس صحيح.

	الفرضية الصفرية صحيحة	الفرضية الصفرية خاطئة
رفض الفرضية الصفرية	خطأ من النوع الأول (Alpha)	قرار صحيح (1 - Beta = Power)
قبول الفرضية الصفرية	قرار صحيح (1 - Alpha)	خطأ من النوع الثاني (Beta)

3-3 مستوى الدلالة (Significance Level)

مستوى الدلالة (Alpha) هو احتمال الخطأ من النوع الأول الذي يحدده الباحث مسبقاً قبل إجراء الاختبار الإحصائي. يمثل الحد الأقصى لاحتمال رفض الفرضية الصفرية حين تكون صحيحة. يُرمز له بالرمز ألفا ويُحدد عادةً

عند 0.05 (5%) أو 0.01 (1%) أو 0.001 (0.1%) حسب متطلبات البحث وطبيعة المجال الدراسي.

اختيار مستوى الدلالة يعكس التوازن بين الحذر من ارتكاب الخطأ الأول وبين الحاجة إلى اكتشاف التأثيرات الحقيقية. فالمستوى 0.05 هو الأكثر شيوعاً في العلوم الاجتماعية لأنه يوفر توازناً معقولاً. المستوى 0.01 أكثر صرامة ويُستخدم في المجالات التي يكون فيها الخطأ مكلفاً كالطب والأدوية. المستوى 0.001 أكثر صرامة ويُستخدم في الحالات التي تتطلب يقيناً عالياً جداً. وفي المقابل، قد يُستخدم مستوى 0.10 في الدراسات الاستطلاعية الأولية.

القيمة الاحتمالية (P-value)

القيمة الاحتمالية (P-value) هي احتمال الحصول على النتائج التي حصل عليها الباحث أو نتائج أشد تطرفاً منها، في حال كانت الفرضية الصفرية صحيحة فعلاً. بعبارة أخرى، هي قياس لمدى تناسب البيانات المتاحة مع الفرضية الصفرية. فإذا كانت P-value صغيرة جداً (أقل من مستوى الدلالة)، فهذا يعني أن النتائج غير متوقعة تحت الفرضية الصفرية مما يدفعنا لرفضها.

قاعدة اتخاذ القرار:

إذا كانت P-value < Alpha (مثلاً < 0.05) ← نرفض الفرضية الصفرية (النتائج دالة إحصائياً)

إذا كانت P-value ≥ Alpha (مثلاً ≤ 0.05) ← لا نرفض الفرضية الصفرية (النتائج غير دالة إحصائياً)

3-4 القيمة المحسوبة والقيمة المجدولة

أ- القيمة المحسوبة (Calculated Value)

القيمة المحسوبة هي النتيجة العددية التي يحصل عليها الباحث من تطبيق معادلة الاختبار الإحصائي على بياناته الفعلية. هذه القيمة تعكس مقدار الفرق أو العلاقة في البيانات الخام مقاسة بوحدة الاختبار الإحصائي. مثلاً، في اختبار ت لعينة واحدة، نحسب قيمة ت من المعادلة: t = (X-bar - Mu0) / (S / sqrt(n))، وهذه القيمة هي القيمة المحسوبة. وكلما كانت القيمة المحسوبة أكبر (بقيمتها المطلقة)، زادت قوة الدليل ضد الفرضية الصفرية.

ب- القيمة المجدولة أو الحرجة (Tabulated/Critical Value)

القيمة المجدولة أو الحرجة هي القيمة التي يُرجع إليها الباحث من جداول التوزيعات الاحتمالية (أو من برامج الإحصاء) بناءً على مستوى الدلالة المحدد ودرجات الحرية ونوع الاختبار (ذو اتجاه واحد أو اتجاهين). تمثل هذه القيمة الحد الفاصل بين منطقة القبول ومنطقة الرفض للفرضية الصفرية. إذا تجاوزت القيمة المحسوبة القيمة الحرجة، فإن النتائج تقع في منطقة الرفض مما يعني أنها دالة إحصائياً.

3-5 كيفية اتخاذ القرار بشأن نتائج الاختبارات الإحصائية

يتخذ الباحث قراره الإحصائي بناءً على مقارنة بين القيمة المحسوبة والقيمة الحرجة، أو بناءً على مقارنة القيمة الاحتمالية بمستوى الدلالة. هناك طريقتان متكافئتان لاتخاذ هذا القرار:

الطريقة الأولى: مقارنة القيمة المحسوبة بالقيمة الحرجة

إذا كانت |القيمة المحسوبة| > القيمة الحرجة ← نرفض الفرضية الصفرية

إذا كانت |القيمة المحسوبة| ≥ القيمة الحرجة → لا نرفض الفرضية الصفرية

الطريقة الثانية: مقارنة P-value بمستوى الدلالة

إذا كانت P-value < alpha → نرفض الفرضية الصفرية

إذا كانت P-value ≥ alpha → لا نرفض الفرضية الصفرية

خطوات اتخاذ القرار الإحصائي

صياغة الفرضيات: تحديد الفرضية الصفرية (H0) والفرضية البديلة (H1) بوضوح.

تحديد مستوى الدلالة: اختيار alpha (عادة 0.05 أو 0.01) قبل إجراء التحليل.

اختيار الاختبار المناسب: تحديد الاختبار الإحصائي الملائم بناءً على نوع البيانات وحجم العينة وطبيعة التوزيع.

حساب القيمة المحسوبة: تطبيق معادلة الاختبار على البيانات للحصول على القيمة الإحصائية.

تحديد القيمة الحرجة: الرجوع إلى الجداول الإحصائية لتحديد القيمة الحرجة عند مستوى الدلالة المحدد.

اتخاذ القرار: مقارنة القيمة المحسوبة بالقيمة الحرجة أو P-value بـ alpha.

التفسير العلمي: ربط النتائج الإحصائية بالإطار النظري وأهداف البحث وتقديم التفسير المناسب.

تنبيه منهجي مهم: لا يُعد رفض الفرضية الصفرية دليلاً قاطعاً على صحة الفرضية البديلة، بل يعني فقط أن البيانات لا تدعم الفرضية الصفرية عند مستوى الثقة المحدد. كما أن عدم رفض الفرضية الصفرية لا يعني تأكيدها بل يعني عدم وجود أدلة كافية لرفضها. يجب دائماً مراعاة حجم الأثر (Effect Size) وفترات الثقة لتقديم تفسير أكثر شمولية واتزاناً.

المحور الرابع: العناصر المنهجية المؤثرة في اختيار الاختبارات (1)

4-1 الفرضيات البحثية ودورها في اختيار الاختبار

الفرضية البحثية (Research Hypothesis) هي توقع ذكي ومبني على أسس نظرية وعملية يتوقع الباحث من خلاله نتيجة معينة لظاهرة ما. تمثل الفرضيات الإطار الذي يحدد نوع العلاقة أو الفرق الذي يسعى الباحث لاختباره إحصائياً، وبالتالي فإن طبيعة الفرضية تؤثر بشكل مباشر في اختيار الاختبار الإحصائي المناسب.

أ- تصنيف الفرضيات حسب الاتجاه

- **الفرضية ذات الاتجاهين (Two-tailed):** تفترض وجود فرق أو علاقة دون تحديد اتجاهها. مثال: "يوجد فرق في مستوى الرضا الوظيفي بين الموظفين الذكور والإناث". تتطلب هذه الفرضية اختباراً ذا اتجاهين.

- **الفرضية ذات الاتجاه الواحد (One-tailed):** تفترض وجود فرق أو علاقة في اتجاه محدد. مثال: "يكون مستوى الرضا الوظيفي لدى الموظفين الإناث أعلى منه لدى الموظفين الذكور". تتطلب هذه الفرضية اختباراً ذا اتجاه واحد.

ب- تصنيف الفرضيات حسب عدد المتغيرات

- **فرضية متغير واحد:** تخص متغيراً واحداً فقط، مثل مقارنة متوسط عينة بقيمة مرجعية (اختبار ت لعينة واحدة).
- **فرضية متغيرين:** تبحث في العلاقة بين متغيرين، مثل الفرق بين متوسطين (اختبار ت لمستقلات أو مرتبطات) أو الارتباط بين متغيرين (معامل ارتباط بيرسون أو سبيرمان).
- **فرضيات متعددة المتغيرات:** تتضمن أكثر من متغيرين، مثل مقارنة أكثر من متوسطين (تحليل التباين ANOVA) أو دراسة علاقات بين عدة متغيرات (الانحدار المتعدد).

ج- الفرضية الصفرية والبديلة

يتم تحويل الفرضية البحثية إلى فرضية إحصائية قابلة للاختبار تتكون من فرضيتين متضادتين: الفرضية الصفرية (H0) التي تنص على عدم وجود فرق أو علاقة، والفرضية البديلة (H1) التي تمثل توقع الباحث. نموذج تحويل الفرضيات يحدد شكل الاختبار الإحصائي المطلوب واتجاهه. فالفرضية البحثية التي تتحدث عن "وجود علاقة" تتطلب اختبار ارتباط، والفرضية التي تتحدث عن "وجود فرق" تتطلب اختبار فرق بين المتوسطات.

4-2 العينات: عددها وطبيعتها

أ- حجم العينة وأثره في اختيار الاختبار

يُعد حجم العينة عاملاً حاسماً في اختيار نوع الاختبار الإحصائي. بشكل عام، يمكن التمييز بين حالتين رئيسيتين:

العينات الصغيرة ($n < 30$): تتطلب استخدام اختبارات ت (t-Tests) بدلاً من اختبارات Z لأن توزيع ت يُعوّض عن صغر حجم العينة. كما أن الاختبارات البارامترية مع العينات الصغيرة تتطلب التحقق الأكثر صرامة من فرضية التوزيع الطبيعي.

العينات الكبيرة ($n \geq 30$): يمكن استخدام اختبارات Z كما يمكن استخدام اختبارات ت حيث تتقارب النتائج. كما أنه بموجب نظرية النهاية المركزية (Central Limit Theorem)، يميل توزيع المتوسطات نحو التوزيع الطبيعي بغض النظر عن شكل توزيع المجتمع الأصلي.

ب- طبيعة العينات وارتباطها

تحدد طبيعة العلاقة بين وحدات التحليل في العينات نوع الاختبار المطلوب بشكل مباشر:

العينات المستقلة (Independent Samples): هي عينات مأخوذة من مجتمعات مختلفة ولا توجد أي علاقة بين وحدات إحداها ووحدات الأخرى. مثال: مقارنة مجموعة تجريبية بمجموعة ضابطة من أفراد مختلفين. في هذه الحالة يُستخدم اختبار ت للعينات المستقلة (Independent Samples T-Test) أو تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA).

العينات المترابطة/المرتبطة (Dependent/Paired Samples): هي عينات فيها ارتباط بين وحدات التحليل، كأن تكون القياسات مأخوذة من نفس الأفراد في زمنين مختلفين (قبل وبعد)، أو من أزواج متطابقة. مثال: قياس مستوى القلق لدى

نفس المجموعة قبل العلاج وبعده. في هذه الحالة يُستخدم اختبار ت للعينات المترابطة (Paired Samples T-Test).

طبيعة العينات	عدد العينات	الاختبار المناسب
عينة واحدة	1	اختبار ت لعينة واحدة (One-Sample T-Test)
مستقلة	2	اختبار ت للعينات المستقلة (Independent T-Test)
مترابطة	2	اختبار ت للعينات المترابطة (Paired T-Test)
مستقلة	3 وأكثر	تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA)
مترابطة	3 وأكثر	تحليل التباين ذو القياسات المتكررة

المحور الخامس: العناصر المنهجية المؤثرة في اختيار الاختبارات (2)

5-1 مستوى القياس (Level of Measurement)

مستوى القياس هو طبيعة البيانات التي يتم جمعها والمستوى الذي تقيسه. يُعد تحديد مستوى قياس المتغيرات خطوة حاسمة في اختيار الاختبار الإحصائي المناسب، إذ أن كل اختبار إحصائي يُصمم للتعامل مع مستوى قياس محدد من البيانات.

أ- المقياس الاسمي (Nominal Scale)

أدنى مستويات القياس، يُستخدم لتصنيف الأفراد أو الظواهر في فئات متجانسة دون أي ترتيب أو تسلسل. الأرقام فيه هي مجرد أسماء أو رموز. مثال: الجنس (ذكر/أنثى)، الحالة المدنية (أعزب/متزوج/مطلق)، Religion (مسلم/مسيحي/يهودي). العمليات الرياضية المسموح بها هي: المساواة والاختلاف فقط. الاختبارات المناسبة: مربع كاي (Chi-Square)، اختبار ذو الحدين (Binomial Test).

ب- المقياس الرتبي (Ordinal Scale)

يتيح التصنيف مع الترتيب حسب درجة معينة، لكن الفوارق بين الرتب غير متساوية بالضرورة. مثال: المستوى التعليمي (ابتدائي/متوسط/جامعي)، درجة الرضا (غير راضٍ/محايد/راضٍ/راضٍ جداً)، الترتيب في الفصل. العمليات المسموح بها: المساواة والاختلاف والترتيب. الاختبارات المناسبة: اختبار مان-ويتني (Mann-Whitney U)، اختبار كروسكال-واليس (Kruskal-Wallis)، اختبار ويلكوكسون (Wilcoxon).

ج- المقياس الفتري (Interval Scale)

يضيف إلى الترتيب خاصية تساوي الفترات بين القيم، لكن لا يوجد صفر حقيقي بل صفر اعتباطي. مثال: درجات الحرارة بمقياس سلسيوس أو فهرنهايت، درجات اختبارات الذكاء (IQ)، تواريخ التقويم. العمليات المسموح بها: جميع العمليات السابقة إضافة إلى الجمع والطرح. الاختبارات المناسبة: اختبار ت (T-Test)، تحليل التباين (ANOVA)، معامل ارتباط بيرسون (Pearson r).

د- المقياس النسبي (Ratio Scale)

أعلى مستويات القياس، يجمع خصائص المقياس الفتري مع وجود صفر حقيقي يدل على الانعدام الكامل للخاصية المدروسة. مثال: العمر، الدخل، الوزن، الطول، عدد الأبناء. العمليات المسموح بها: جميع العمليات الرياضية بما فيها الضرب

والقسمة. الاختبارات المناسبة: جميع الاختبارات البارامترية (ت، ANOVA، الانحدار، الارتباط).

المعيار	اسمي	رتبي	فتري	نسبي
التصنيف	نعم	نعم	نعم	نعم
الترتيب	لا	نعم	نعم	نعم
تساوي الفترات	لا	لا	نعم	نعم
صفر حقيقي	لا	لا	لا	نعم
نوع الاختبار	غير بارامتري	غير بارامتري	بارامتري	بارامتري

5-2 نموذج متكامل لتحديد الاختبارات الإحصائية واستعمالاتها

يُعد اختيار الاختبار الإحصائي المناسب من أهم المهارات التي يجب أن يتقنها الباحث في العلوم الاجتماعية. يعتمد هذا الاختيار على التفاعل بين عدة عوامل منهجية متكاملة يمكن تلخيصها في النموذج التوجيهي التالي:

الخطوة الأولى: تحديد الهدف من التحليل

الهدف	الوصف	أمثلة الاختبارات
اختبار الفروق	هل توجد فروق بين المجموعات؟	اختبار ت، تحليل التباين
اختبار العلاقات	هل توجد علاقة بين المتغيرات؟	معامل الارتباط، الانحدار
اختبار التوزيع	هل يتبع التوزيع نمطاً معيناً؟	مربع كاي، K-S Test

الخطوة الثانية: تحديد نوع المتغيرات ومستوى القياس

القاعدة الذهبية:

إذا كان المتغير التابع من النوع الفتري أو النسبي والمتغير المستقل اسمي (فئات) ← نستخدم اختبارات الفروق.

إذا كان كلا المتغيرين من النوع الفتري أو النسبي ← نستخدم اختبارات العلاقات (الارتباط والانحدار).

إذا كان كلا المتغيرين اسميين أو رتبيين ← نستخدم الاختبارات غير البارامترية (مربع كاي).

الخطوة الثالثة: تحديد عدد العينات وطبيعتها

بناءً على ما تم توضيحه في المحور الرابع، يتم تحديد ما إذا كانت العينات مستقلة أم مترابطة وعددها لاختيار الاختبار الدقيق.

النموذج الشامل لاختيار الاختبار الإحصائي

أولاً: اختبارات الفروق بين المتوسطات

الحالة	الشروط	الاختبار البارامتري	البديل غير البارامتري
مقارنة عينة واحدة بقيمة مرجعية	ن = حجم العينة، توزيع طبيعي	اختبار ت لعينة واحدة	اختبار ويلكوكسون لإشارة الرتب
مقارنة عينتين مستقلتين	عينتان مستقلتان، توزيع طبيعي، تجانس التباين	اختبار ت للعينات المستقلتين	اختبار مان-ويتني (U)

الحالة	الشروط	الاختبار البارامتري	البديل غير البارامتري
مقارنة عينتين مترابطتين	قياسات مأخوذة قبل/بعد أو من أزواج	اختبار ت للعينات المترابطة	اختبار ويلكوكسون للرتب الموقعة
مقارنة 3+ عينات مستقلة	3 مجموعات أو أكثر مستقلة، توزيع طبيعي، تجانس التباين	تحليل التباين الأحادي (ANOVA)	اختبار كروسكال-واليس
مقارنة 3+ عينات مترابطة	قياسات متكررة من نفس الأفراد	ANOVA ذو القياسات المتكررة	اختبار فريدمان

ثانياً: اختبارات العلاقات بين المتغيرات

الحالة	الشروط	الاختبار البارامتري	البديل غير البارامتري
العلاقة بين متغيرين فتريين	توزيع طبيعي، علاقة خطية	معامل ارتباط بيرسون (r)	معامل ارتباط سبيرمان (rho)
العلاقة بين متغيرين رتبيين	بيانات رتبية	-	معامل ارتباط تاو كندال / سبيرمان
تأثير متغير مستقل على تابع	تابع فتري/نسبي، مستقل فتري/اسمي	الانحدار الخطي البسيط / المتعدد	الانحدار اللوجستي
العلاقة بين متغيرين اسميين	بيانات فئوية	-	مربع كاي للاستقلالية

ثالثاً: اختبارات التوزيع والالتواء

الحالة	الاختبار	الاستعمال
التحقق من التوزيع الطبيعي	شابيرو-ويلك (Shapiro-Wilk)	العينات الصغيرة (n < 50)
التحقق من التوزيع الطبيعي	كولموجروف-سميرنوف (K-S Test)	العينات الكبيرة
تجانس التباين	اختبار ليفين (Levene's Test)	قبل تحليل التباين واختبار ت
حسن التوافق	مربع كاي لحسن التوافق	مقارنة توزيع مشاهدات بتوزيع نظري
الاستقلالية	مربع كاي للاستقلالية	فحص العلاقة بين متغيرين اسميين

رابعاً: خوارزمية مختصرة لاختيار الاختبار

دليل اتخاذ القرار خطوة بخطوة

1. **ما هدف التحليل؟**
   - أبحث عن فروق → انتقل إلى (2)
   - أبحث عن علاقات → انتقل إلى (5)
   - أريد التحقق من التوزيع → انتقل إلى (7)
2. **كم عدد المجموعات؟**
   - مجموعة واحدة (مقارنة بقيمة) → اختبار ت لعينة واحدة
   - مجموعتان → انتقل إلى (3)
   - 3 مجموعات فأكثر → انتقل إلى (4)

3. **هل العينتان مستقلتان أم مترابطتان؟**
    - مستقلتان → اختبار ت للعينات المستقلتين (أو مان-ويتني)
    - مترابطتان → اختبار ت للعينات المترابطة (أو ويلكوكسون)
4. **هل العينات مستقلة أم مترابطة؟**
    - مستقلة → تحليل التباين الأحادي (أو كروسكال-واليس)
    - مترابطة → ANOVA المتكرر (أو فريدمان)
5. **ما مستوى قياس المتغيرين؟**
    - فتري/نسبي → معامل ارتباط بيرسون أو الانحدار
    - رتبي → معامل ارتباط سبيرمان
    - اسمي → مربع كاي للاستقلالية
6. **هل البيانات موزعة طبيعياً؟**
    - نعم → اختبار بارامتري
    - لا → اختبار غير بارامتري
7. **ما الذي أريد التحقق منه؟**
    - التوزيع الطبيعي → شابيرو-ويلك أو كولموجروف-سميرنوف
    - تجانس التباين → اختبار ليفين
    - حسن التوافق → مربع كاي

ملاحظة ختامية: إن عملية اختيار الاختبار الإحصائي المناسب ليست عملية آلية بل تتطلب فهماً عميقاً لطبيعة البيانات وأهداف البحث والافتراضات الكامنة وراء كل اختبار. ويُنصح الباحثون دائماً بالتشاور مع متخصص في الإحصاء عند التعامل مع حالات معقدة أو غير واضحة، واستخدام أكثر من اختبار عند الإمكان للتحقق من متانة النتائج واتساقها.

خلاصة المحاضرة

تناولت هذه المحاضرة المفاهيم الأساسية للإحصاء الاستدلالي وأهميته في البحوث العلمية. بدأنا بفهم الفرق بين الإحصاء الوصفي والاستدلالي وأهمية الأخير في التعميم واختبار الفرضيات. ثم استعرضنا المفاهيم الجوهرية مثل المتغيرات وأنواعها، وطبيعة التوزيع الإحصائي، وحجم العينة وقوة الاختبار، ودرجات الحرية، ومستوى الخطأ والدلالة، والقيمة المحسوبة والمجدولة، وكيفية اتخاذ القرار الإحصائي. وفي المحورين الأخيرين، تناولنا العناصر المنهجية المؤثرة في اختيار الاختبارات الإحصائية المناسبة، بما في ذلك الفرضيات والعينات ومستويات القياس، مع تقديم نموذج شامل ومتكامل يساعد الباحث في اختيار الاختبار الأنسب لظروف بحثه المحددة.

إن إتقان هذه المفاهيم والمهارات يُعد أساساً لا غنى عنه لأي باحث يسعى إلى إنتاج بحث علمي رصين وموثوق، خاصة في مجال العلوم الاجتماعية والإنسانية التي تتطلب تحليلاً إحصائياً دقيقاً ومتقناً لتوثيق النتائج وتأييد الاستنتاجات بالأدلة الكمية.