جامعة جيجل

كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية

قسم علم الاجتماع

اختبار ولد ولفويتز للتتابعات

Wald-Wolfowitz Runs Test

إعداد الدكتورة

سامية بوكحيل

السنة الجامعية 2024 - 2025

اختبار ولد ولفويتز للتتابعات

Wald-Wolfowitz Runs Test

أولاً: تعريف اختبار ولد ولفويتز للتتابعات

يُعدّ اختبار ولد ولفويتز للتتابعات (Wald-Wolfowitz Runs Test) أحد أهم الاختبارات الإحصائية غير البارامترية (Non-Parametric Tests) التي تُستخدم في دراسة الفروق بين عينتين مستقلتين، وكذلك لمعرفة هل العينتان مسحوبتان من مجتمع واحد أم من مجتمعين مختلفين. طوّر هذا الاختبار العالمان أبراهام ولد (Abraham Wald) وجاكوب ولفويتز (Jacob Wolfowitz)، ويُعرف أيضاً باسم اختبار التتابعات (Runs Test). يتميز هذا الاختبار بعدم حاجته لافتراضات معينة حول توزيع البيانات، مما يجعله من الاختبارات المفضلة في كثير من الأبحاث التي لا تتحقق فيها شروط الاختبارات البارامترية كالتوزيع الطبيعي وتجانس التباين.

يُستخدم اختبار ولد ولفويتز بشكل أساسي لاختبار دلالة الفروق بين عينتين مستقلتين عندما لا يتوفر شرط التوزيع الطبيعي للبيانات، وهو البديل غير البارامتري لاختبار ت (T-Test) للعينات المستقلة. ويعتمد مبدأ الاختبار على مفهوم "التتابع" (Run)، حيث يتم دمج مشاهدات العينتين وترتيبهما تصاعدياً، ثم يتم حساب عدد التتابعات الناتجة عن هذا الدمج، ويُقارن عدد التتاباعات الفعلي (المرصود) بالعدد المتوقع نظرياً تحت فرضية العدم.

ثانياً: مفهوم التتابع (Run)

التتابع (Run) هو سلسلة من الرموز المتطابقة المتتالية التي تظهر في تسلسل ما. فإذا قمنا بدمج مشاهدات عينتين وفرزناها من الأصغر إلى الأكبر، وأعطينا كل مشاهدة من العينة الأولى الرمز (A) وكل مشاهدة من العينة الثانية الرمز (B)، فإن التتابع هو كل مجموعة متتالية من الرموز المتماثلة. على سبيل المثال، في التسلسل التالي:

A A B B B A A A B B

نلاحظ وجود 4 تتابعات كالتالي: التتابع الأول (AA)، والثاني (BBB)، والثالث (AAA)، والرابع (BB). فعدد التتابعات في هذا المثال هو (R = 4). وكلما زاد عدد التتابعات، دلّ ذلك على تداخل مشاهدات العينتين مع بعضها، مما يعني أنهما مسحوبتان من مجتمع واحد. أما إذا قلّ عدد التتابعات، دلّ ذلك على انفصال مشاهدات كل عينة عن الأخرى، مما يعني أنهما مسحوبتان من مجتمعين مختلفين.

ثالثاً: شروط استخدام اختبار ولد ولفويتز

لكي يتم استخدام اختبار ولد ولفويتز بشكل صحيح وذ凌 الحصول على نتائج دقيقة وموثوقة، يجب أن تتحقق مجموعة من الشروط والافتراضات الأساسية التي يقوم عليها هذا الاختبار. وهي كالتالي:

- **الاستقلالية (Independence):** يجب أن تكون المشاهدات مستقلة عن بعضها البعض داخل كل عينة وبين العينتين. أي أن اختيار أي مشاهدة لا يؤثر على اختيار المشاهدات الأخرى، وهذا يتحقق عادةً من خلال طريقة سحب العينات العشوائية البسيطة.
- **مقياس المتغير التابع:** يجب أن يكون المتغير التابع متغيراً كمياً يمكن ترتيب مشاهداته ترتيباً تصاعدياً أو تنازلياً، أي أنه يُقاس على مقياس ترتيبي على الأقل (Ordinal Scale) أو مقياس فئوي أو نسبي.
- **عينتان مستقلتان:** يجب أن تتكون الراسة من عينتين مستقلتين تماماً عن بعضهما، أي أن أفراد إحدى العينتين لا يرتبطون بأفراد العينة الأخرى بأي شكل من الأشكال.
- **المتغير المستقل فئوي ثنائي:** يجب أن يكون المتغير المستقل ذا فئتين فقط (مثل: ذكور وإناث، مجموعة تجريبية ومجموعة ضابطة).
- **حجم العينة:** يُفضل أن يكون حجم كل عينة كافياً للحصول على نتائج موثوقة، حيث تزداد دقة الاختبار مع زيادة حجم العينة.

رابعاً: الفرضيات الإحصائية للاختبار

يقوم اختبار ولد ولفويتز على صياغة فرضيتين إحصائيتين أساسيتين تُحددان الغاية من إجراء الاختبار:

> **الفرضية الصفرية (H0):** العينتان مسحوبتان من مجتمع واحد (لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين توزيعي العينتين)، أي أن التوزيع الذي سُحبت منه العينة الأولى هو نفس التوزيع الذي سُحبت منه العينة الثانية.
>
> **الفرضية البديلة (H1):** العينتان مسحوبتان من مجتمعين مختلفين (يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين توزيعي العينتين)، أي أن التوزيع الذي سُحبت منه العينة الأولى يختلف عن التوزيع الذي سُحبت منه العينة الثانية.

يتم اتخاذ القرار الإحصائي بمقارنة قيمة الاحتمالية (Sig. أو p-value) بمستوى الدلالة المُختار (α)، والذي يُحدد عادةً عند 0.05. فإذا كانت قيمة الاحتمالية أقل من 0.05، فإننا نرفض الفرضية الصفرية ونستنتج وجود فرق ذو دلالة إحصائية. أما إذا كانت قيمة الاحتمالية أكبر من 0.05، فإننا لا نرفض الفرضية الصفرية ونستنتج عدم وجود فرق دال إحصائياً.

خامساً: خطوات إجراء اختبار ولد ولفويتز يدوياً

يمكن إجراء اختبار ولد ولفويتز يدوياً باتباع مجموعة من الخطوات المنهجية المتسلسلة التي تضمن الوصول إلى النتيجة الصحيحة:

1. **الترميز:** نُعطي كل مشاهدة من العينة الأولى الرمز (A) وكل مشاهدة من العينة الثانية الرمز (B).

2. **الدمج والترتيب:** ندمج مشاهدات العينتين معاً ونرتبها ترتيباً تصاعدياً من الأصغر إلى الأكبر مع الاحتفاظ بالرمز (A) أو (B) لكل مشاهدة.

3. **حساب عدد التتابعات:** نحسب عدد التتابعات (R) في التسلسل الناتج عن الدمج، حيث التتابع هو كل مجموعة متتالية من الرموز المتماثلة.

4. **حساب عدد التتابعات المتوقع:** نحسب متوسط عدد التتابعات المتوقع (Expected Runs) باستخدام الصيغة التالية.

5. **حساب الانحراف المعياري لعدد التتابعات:** نحسب الانحراف المعياري لتوزيع عدد التتابعات باستخدام الصيغة المناسبة.

6. **حساب قيمة Z:** نحسب قيمة Z (القيمة المعيارية) بمقارنة عدد التتابعات الفعلي بالعدد المتوقع.

7. **اتخاذ القرار:** نقارن قيمة Z المحسوبة بالقيمة الحرجة من جدول التوزيع الطبيعي القياسي عند مستوى الدلالة المُختار.

سادساً: الصيغ الرياضية للاختبار

1. متوسط عدد التتابعات المتوقع (E(R))

يُحسب متوسط عدد التتابعات المتوقع تحت فرضية العدم باستخدام الصيغة التالية:

$$E(R) = (2 * n1 * n2) / (n1 + n2) + 1$$

حيث أن:

- n1 = حجم العينة الأولى
- n2 = حجم العينة الثانية
- E(R) = متوسط عدد التتابعات المتوقع

2. الانحراف المعياري لعدد التتابعات

$$SD(R) = sqrt([2 * n1 * n2 * (2*n1*n2 - n1 - n2)] / [(n1 + n2)^2 * (n1 + n2 - 1)])$$

3. قيمة Z (القيمة المعيارية)

$$Z = (R - E(R)) / SD(R)$$

حيث R هو عدد التتابعات الفعلي (المرصود). وإذا كانت قيمة Z المحسوبة أكبر من القيمة الحرجة عند مستوى الدلالة المُختار (مثلاً 1.96 عند مستوى دلالة 0.05 وذيلين)، فإننا نرفض الفرضية الصفرية.

سابعاً: التتابعات الصغيرة والكبيرة

يُعدّ فهم مفهوم التتابعات الصغيرة والكبيرة أمراً جوهرياً لتفسير نتائج اختبار ولد ولفويتز بشكل صحيح:

التتابعات القليلة (عدد صغير R): عندما يكون عدد التتابعات قليلاً، فهذا يعني أن مشاهدات كل عينة متجمعة مع بعضها ومفصولة عن مشاهدات العينة الأخرى. مثال: AAABBBAAA أو BBBAAABBB. وهذا يدل على أن العينتين مسحوبتان من مجتمعين مختلفين (نرفض الفرضية الصفرية).

التتابعات الكثيرة (عدد كبير R): عندما يكون عدد التتابعات كبيراً، فهذا يعني أن مشاهدات العينتين متداخلة بشكل كبير، أي أن كل مجموعة صغيرة من مشاهدات إحدى العينتين تتبعها مجموعة من مشاهدات العينة الأخرى بشكل متكرر. مثال: ABABABABAB. وهذا قد يدل على وجود نمط غير عشوائي في البيانات.

التتابعات المتوسطة (عدد معتدل R): عندما يكون عدد التتابعات معتدلاً (قريباً من العدد المتوقع)، فهذا يعني أن مشاهدات العينتين متداخلة بشكل طبيعي وعشوائي، مما يدل على أن العينتين مسحوبتان من نفس المجتمع (لا نرفض الفرضية الصفرية).

ثامناً: مثال تطبيقي

سؤال البحث: هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين مستوى الرضا الوظيفي لدى موظفي قسمين مختلفين (القسم الإداري والقسم الفني)؟

الفرضية الصفرية: لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين مستوى الرضا الوظيفي لموظفي القسمين (العينتان من مجتمع واحد).

الفرضية البديلة: يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين مستوى الرضا الوظيفي لموظفي القسمين (العينتان من مجتمعين مختلفين).

للإجابة عن هذا السؤال، نفرض أن لدينا العينتين التاليتين من درجات الرضا الوظيفي (مقياس من 1 إلى 20):

القسم الإداري (A)	8	12	6	15	10	7	14
القسم الفني (B)	9	16	11	18	13	5	17

الخطوة الأولى: الدمج والترتيب

ندمج جميع المشاهدات معاً ونرتبها من الأصغر إلى الأكبر مع الاحتفاظ برمز العينة:

القيمة	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
العينة	B	A	A	A	B	A	B	A	B	A	A	B	B	B

الخطوة الثانية: تحديد التتابعات

B | A A A | B | A | B | A | B | A A | B B B

نلاحظ وجود 9 تتابعات: (B)، (AAA)، (B)، (A)، (B)، (A)، (B)، (AA)، (BBB). إذن: R = 9.

الخطوة الثالثة: الحسابات

حيث أن n1 = 7 (القسم الإداري) و n2 = 7 (القسم الفني):

متوسط عدد التتابعات المتوقع:

$$E(R) = (2 * 7 * 7) / (7 + 7) + 1 = 98 / 14 + 1 = 7 + 1 = 8$$

الانحراف المعياري:

$$SD(R) = sqrt([2 * 7 * 7 * (2*7*7 - 7 - 7)] / [(7+7)^2 * (7+7-1)])$$

$$SD(R) = sqrt([98 * (98-14)] / [196 * 13]) = sqrt([98 * 84] / [2548]) = sqrt(8232 / 2548) = sqrt(3.23) = 1.80$$

قيمة Z:

$$Z = (R - E(R)) / SD(R) = (9 - 8) / 1.80 = 1 / 1.80 = 0.556$$

الخطوة الرابعة: اتخاذ القرار

النتيجة: قيمة Z المحسوبة (0.556) أقل من القيمة الحرجة (1.96) عند مستوى دلالة 0.05 وذيلين. لذلك لا نرفض الفرضية الصفرية، ونستنتج أنه لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين مستوى الرضا الوظيفي لموظفي القسم الإداري والقسم الفني، أي أن العينتين مسحوبتان من مجتمع واحد.

تاسعاً: خطوات تطبيق اختبار ولد ولفويتز في برنامج SPSS

يُوفر برنامج التحليل الإحصائي SPSS إمكانية تطبيق اختبار ولد ولفويتز للتتابعات بسهولة من خلال القوائم التفاعلية. وفيما يلي الخطوات التفصيلية:

1. **إدخال البيانات:** يتم إدخال البيانات في ملف SPSS بحيث يحتوي على عمود للمتغير التابع (الدرجات أو القيم الكمية) وعمود للمتغير المستقل (رقم المجموعة: 1 للعينة الأولى و 2 للعينة الثانية).
2. **الانتقال إلى القائمة:** من شريط القوائم الرئيسي نختار: Analyze ثم Nonparametric Tests ثم Legacy Dialogs ثم 2 Independent Samples.
3. **تحديد المتغيرات:** في نافذة الحوار، ننقل المتغير التابع إلى مربع Test Variable List، وننقل المتغير المستقل إلى مربع Grouping Variable.
4. **تحديد المجموعات:** ننقر على زر Define Groups ونحدد القيمتين (1 و2) التي تمثلان المجموعتين، ثم ننقر على Continue.
5. **اختيار نوع الاختبار:** في قسم Test Type، نتأكد من تحديد الخيار Wald-Wolfowitz runs (قد يكون محدداً بشكل افتراضي ضمن خيارات اختبارين عينات مستقلتين).
6. **تنفيذ الاختبار:** ننقر على زر OK لتشغيل الاختبار وعرض النتائج.

عاشراً: تفسير نتائج اختبار ولد ولفويتز في SPSS

بعد تنفيذ الاختبار، يُظهر برنامج SPSS جدولاً يحتوي على النتائج الرئيسية التي تشمل:

العنصر	الوصف
Minimum Possible Number of Runs	الحد الأدنى الممكن لعدد التتابعات
Maximum Possible Number of Runs	الحد الأقصى الممكن لعدد التتابعات
Number of Runs (R)	عدد التتابعات الفعلي المرصود
Z	القيمة المعيارية (اختبار الدلالة)
Asymp. Sig. (2-tailed)	القيمة الاحتمالية (مستوى الدلالة)

يتم تفسير النتائج بناءً على قيمة الدلالة الاحتمالية (Asymp. Sig.)، فإذا كانت هذه القيمة أقل من 0.05، فإننا نرفض الفرضية الصفرية ونستنتج وجود فرق دال إحصائياً بين العينتين. أما إذا كانت أكبر من 0.05، فلا نرفض الفرضية الصفرية.

حادياً عشر: الفرق بين اختبار ولد ولفويتز واختبار مان-ويتني

يُعدّ التمييز بين اختبار ولد ولفويتز واختبار مان-ويتني (Mann-Whitney U Test) أمراً مهماً، إذ أن كلاهما من الاختبارات غير البارامترية التي تُستخدم لمقارنة عينتين مستقلتين، إلا أنهما يختلفان في المبدأ والهدف:

وجه المقارنة	اختبار ولد ولفويتز	اختبار مان-ويتني
الهدف الأساسي	اختبار التوزيع الكلي ومدى تداخل العينتين	مقارنة المتوسطات (الرتب) بين العينتين
المبدأ	يعتمد على عدد التتابعات في التسلسل المدمج	يعتمد على مجموع رتب المشاهدات
الفرضية الصفرية	العينتان من نفس التوزيع	لا فرق في الرتب بين العينتين
الحساسية	أكثر حساسية للاختلافات في شكل التوزيع	أكثر حساسية للاختلافات في النزعة المركزية
نوع القياس	يكتشف أي اختلاف في التوزيع	يكتشف اختلافات في الوسط والتوزيع
الاستخدام في SPSS	Nonparametric Tests > 2 Independent Samples	Nonparametric Tests > 2 Independent Samples

ثانياً عشر: استخدامات اختبار ولد ولفويتز

يُستخدم اختبار ولد ولفويتز في العديد من المجالات البحثية والتطبيقية، ومن أبرز هذه الاستخدامات:

- **في مجال العلوم الاجتماعية:** يُستخدم لمقارنة مستوى الظواهر الاجتماعية بين مجموعتين مستقلتين (مثل: مستوى الرضا الوظيفي بين موظفي إدارتين مختلفتين، أو مستوى التحصيل الدراسي بين طلاب مدارس مختلفة)، وذلك عندما لا تتحقق شروط التوزيع الطبيعي للبيانات.
- **في مجال الطب والصحة:** يُستخدم لمقارنة فعالية علاجين مختلفين على مجموعتين من المرضى، أو لمقارنة مؤشرات صحية بين مجموعتين سكانيتين مختلفتين.
- **في مجال ضبط الجودة:** يُستخدم لاختبار ما إذا كانت المنتجات المعيبة في خط الإنتاج تظهر بشكل عشوائي أم وفق نمط معين، مما يُساعد في تحديد مشاكل العملية الإنتاجية.
- **في مجال الأعمال والاقتصاد:** يُستخدم لاختبار العشوائية في تسلسل الأحداث المالية، مثل حركة أسعار الأسهم أو التغيرات في معدلات التضخم.
- **في البحث العلمي الأكاديمي:** يُستخدم كبديل لاختبار ت للعينات المستقلتين عندما لا تتحقق شروط التوزيع الطبيعي أو تجانس التباين.

ثالثاً عشر: مزايا وعيوب اختبار ولد ولفويتز

المزايا:

- لا يتطلب افتراض التوزيع الطبيعي للبيانات (اختبار غير بارامتري).
- لا يتطلب تجانس التباين بين المجموعتين.
- سهل الفهم والتطبيق، خاصة عند الحساب اليدوي لأحجام العينات الصغيرة.
- يُوفر معلومات شاملة عن التوزيع الكلي للعينتين وليس فقط عن النزعة المركزية.
- يُمكن استخدامه مع البيانات الكمية على مختلف المقاييس (الترتيبي والفئوي والنسبي).

العيوب:

- أقل قوة إحصائية (Statistical Power) مقارنة بالاختبارات البارامترية عند تحقق شروطها.
- يتطلب أن تكون المشاهدات مستقلة تماماً.
- يُفترض أن المتغير المستقل فئوي ثنائي (فئتين فقط).
- قد لا يكون دقيقاً مع أحجام العينات الصغيرة جداً.
- لا يُشير إلى طبيعة الفرق بين العينتين (أيهما أكبر أو أصغر).

ملاحظة مهمة: يُنصح دائماً بالتحقق أولاً من شروط الاختبارات البارامترية (التوزيع الطبيعي وتجانس التباين) قبل اللجوء إلى الاختبارات غير البارامترية مثل اختبار ولد ولفويتز. فإذا تحققت شروط الاختبار البارامتري، يُفضل استخدام اختبار ت للعينات المستقلة لكونه أكثر قوة إحصائية. كما يُنصح بالإبلاغ عن نتائج كلا الاختبارين (إن أمكن) لتعزيز موثوقية النتائج البحثية.

رابعاً عشر: نصائح عملية للباحثين

1. تحقق دائماً من شروط الاختبار قبل تطبيقه، وخاصة استقلالية المشاهدات ومقياس المتغير التابع.
2. تأكد من أن بياناتك لا تتبع التوزيع الطبيعي (باستخدام اختبار كولموغوروف-سميرنوف أو شابيرو-ويلك) قبل اللجوء لهذا الاختبار.
3. أبلغ عن عدد التتابعات الفعلي (R) وقيمة Z والقيمة الاحتمالية (Sig.) في تقريرك البحثي.
4. قارن نتائج اختبار ولد ولفويتز مع نتائج اختبار مان-ويتني (إن أمكن) لتعزيز موثوقية الاستنتاجات.
5. استخدم هذا الاختبار عندما يكون حجم العينة صغيراً ولا يمكن التحقق من التوزيع الطبيعي.
6. احرص على ترميز العينتين بشكل صحيح قبل الدمج والترتيب لتجنب الأخطاء في حساب عدد التتابعات.

ختاماً، يُعدّ اختبار ولد ولفويتز للتتابعات أداة إحصائية قوية ومرنة تُستخدم لمقارنة عينتين مستقلتين دون الحاجة لافتراضات صارمة حول توزيع البيانات. ويتميز ببساطته وسهولة تطبيقه، كما يُوفر فهماً شاملاً لمدى تداخل توزيعات العينتين. ويُعدّ هذا الاختبار من البدائل الأساسية عندما لا تتحقق شروط الاختبارات البارامترية، وهو أداة لا غنى عنها في ترسانة الباحث في مجال العلوم الاجتماعية والإنسانية.