

Vollständige Lösungen

Varianzanalyse

Ratiomera Statistics

Diese vollständigen Lösungen verwenden dieselben Kennungen und dieselbe Reihenfolge wie das Übungsblatt. Zwischenwerte werden bis zum angegebenen Rundungsschritt beibehalten. Kleine Abweichungen durch früheres Runden sind deshalb dort zulässig, wo dies vermerkt ist. Alle Kontexte, Werte, Daten und Softwareausgaben sind eigens erstelltes Lehrmaterial; sie sind keine empirischen Befunde.

Teil I: Theorie

A01: Die Frage der einfaktoriellen ANOVA

T08-A01-V01: Leseformate und Verständnis

Fragestellung bestimmen

Das quantitative Ergebnis ist «Verständniswert»; seine Werte werden in Punkten angegeben.

Der Faktor ist «Leseformat» mit den Stufen Druck, Tablet und Audio.

Bezeichne die Populationsmittelwerte mit μ_1 , μ_2 und μ_3 .

Evidenz schrittweise beurteilen

Die Nullhypothese ist $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$.

Die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Sie besagt nicht, dass jedes Paar verschieden ist.

Schluss und Grenzen festhalten

Drei getrennte Tests würden mehrere Gelegenheiten für einen Fehler vom Typ I schaffen, während der globale F -Test zuerst die eine übergeordnete Frage stellt.

Ein signifikantes Ergebnis liefert Evidenz gegen die Gleichheit aller drei Populationsmittelwerte, zeigt aber nicht, welche Paare verschieden sind.

Da die Fälle zufällig zugewiesen wurden, kann eine gut durchgeführte Studie für diese Bedingungen eine kausale Interpretation stützen, soweit Design und Annahmen glaubwürdig sind.

T08-A01-V02: Museumsrouten und Besuchsdauer

Fragestellung bestimmen

Das quantitative Ergebnis ist «Besuchsdauer»; seine Werte werden in Minuten angegeben.

Der Faktor ist «Routentyp» mit den Stufen freie Route, nummerierte Route und geführte Route.

Bezeichne die Populationsmittelwerte mit μ_1 , μ_2 und μ_3 .

Evidenz schrittweise beurteilen

Die Nullhypothese ist $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$.

Die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Sie besagt nicht, dass jedes Paar verschieden ist.

Schluss und Grenzen festhalten

Drei getrennte Tests würden mehrere Gelegenheiten für einen Fehler vom Typ I schaffen, während der globale F -Test zuerst die eine übergeordnete Frage stellt.

Ein signifikantes Ergebnis liefert Evidenz gegen die Gleichheit aller drei Populationsmittelwerte, zeigt aber nicht, welche Paare verschieden sind.

Da die Fälle zufällig zugewiesen wurden, kann eine gut durchgeführte Studie für diese Bedingungen eine kausale Interpretation stützen, soweit Design und Annahmen glaubwürdig sind.

T08-A01-V03: Lernorte und Konzentration

Fragestellung bestimmen

Das quantitative Ergebnis ist «Konzentrationswert»; seine Werte werden in Punkten angegeben.

Der Faktor ist «üblicher Lernort» mit den Stufen zu Hause, Bibliothek und Gemeinschaftsarbeitsraum.

Bezeichne die Populationsmittelwerte mit μ_1 , μ_2 und μ_3 .

Evidenz schrittweise beurteilen

Die Nullhypothese ist $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$.

Die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Sie besagt nicht, dass jedes Paar verschieden ist.

Schluss und Grenzen festhalten

Drei getrennte Tests würden mehrere Gelegenheiten für einen Fehler vom Typ I schaffen, während der globale F -Test zuerst die eine übergeordnete Frage stellt.

Ein signifikantes Ergebnis liefert Evidenz gegen die Gleichheit aller drei Populationsmittelwerte, zeigt aber nicht, welche Paare verschieden sind.

Da die Gruppen beobachtet und nicht zufällig zugewiesen wurden, beschreibt ein Unterschied einen Zusammenhang und identifiziert für sich allein keinen kausalen Effekt.

T08-A01-V04: Erinnerungspläne und Antwortverzögerung

Fragestellung bestimmen

Das quantitative Ergebnis ist «Antwortverzögerung»; seine Werte werden in Stunden angegeben.

Der Faktor ist «Erinnerungsplan» mit den Stufen keine Erinnerung, eine Erinnerung und drei Erinnerungen.

Bezeichne die Populationsmittelwerte mit μ_1 , μ_2 und μ_3 .

Evidenz schrittweise beurteilen

Die Nullhypothese ist $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$.

Die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Sie besagt nicht, dass jedes Paar verschieden ist.

Schluss und Grenzen festhalten

Drei getrennte Tests würden mehrere Gelegenheiten für einen Fehler vom Typ I schaffen, während der globale F -Test zuerst die eine übergeordnete Frage stellt.

Ein signifikantes Ergebnis liefert Evidenz gegen die Gleichheit aller drei Populationsmittelwerte, zeigt aber nicht, welche Paare verschieden sind.

Da die Fälle zufällig zugewiesen wurden, kann eine gut durchgeführte Studie für diese Bedingungen eine kausale Interpretation stützen, soweit Design und Annahmen glaubwürdig sind.

T08-A01-V05: Archivoberflächen und Abrufgenauigkeit

Fragestellung bestimmen

Das quantitative Ergebnis ist «Abrufgenauigkeit»; seine Werte werden in Punkten angegeben.

Der Faktor ist «Oberflächenversion» mit den Stufen Standard, kompakt und geführt.

Bezeichne die Populationsmittelwerte mit μ_1 , μ_2 und μ_3 .

Evidenz schrittweise beurteilen

Die Nullhypothese ist $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$.

Die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Sie besagt nicht, dass jedes Paar verschieden ist.

Schluss und Grenzen festhalten

Drei getrennte Tests würden mehrere Gelegenheiten für einen Fehler vom Typ I schaffen, während der globale F -Test zuerst die eine übergeordnete Frage stellt.

Ein signifikantes Ergebnis liefert Evidenz gegen die Gleichheit aller drei Populationsmittelwerte, zeigt aber nicht, welche Paare verschieden sind.

Da die Fälle zufällig zugewiesen wurden, kann eine gut durchgeführte Studie für diese Bedingungen eine kausale Interpretation stützen, soweit Design und Annahmen glaubwürdig sind.

T08-A01-V06: Verkehrsmittel und Pendelzeit

Fragestellung bestimmen

Das quantitative Ergebnis ist «Pendelzeit»; seine Werte werden in Minuten angegeben.

Der Faktor ist «übliches Verkehrsmittel» mit den Stufen zu Fuss, öffentlicher Verkehr und Auto.

Bezeichne die Populationsmittelwerte mit μ_1 , μ_2 und μ_3 .

Evidenz schrittweise beurteilen

Die Nullhypothese ist $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$.

Die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Sie besagt nicht, dass jedes Paar verschieden ist.

Schluss und Grenzen festhalten

Drei getrennte Tests würden mehrere Gelegenheiten für einen Fehler vom Typ I schaffen, während der globale F -Test zuerst die eine übergeordnete Frage stellt.

Ein signifikantes Ergebnis liefert Evidenz gegen die Gleichheit aller drei Populationsmittelwerte, zeigt aber nicht, welche Paare verschieden sind.

Da die Gruppen beobachtet und nicht zufällig zugewiesen wurden, beschreibt ein Unterschied einen Zusammenhang und identifiziert für sich allein keinen kausalen Effekt.

T08-A01-V07: Übungsroutinen und verzögerte Erinnerung

Fragestellung bestimmen

Das quantitative Ergebnis ist «Wert der verzögerten Erinnerung»; seine Werte werden in Punkten angegeben.

Der Faktor ist «Übungsroutine» mit den Stufen wiederholtes Lesen, Selbsttest und gemischtes Üben.

Bezeichne die Populationsmittelwerte mit μ_1 , μ_2 und μ_3 .

Evidenz schrittweise beurteilen

Die Nullhypothese ist $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$.

Die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Sie besagt nicht, dass jedes Paar verschieden ist.

Schluss und Grenzen festhalten

Drei getrennte Tests würden mehrere Gelegenheiten für einen Fehler vom Typ I schaffen, während der globale F -Test zuerst die eine übergeordnete Frage stellt.

Ein signifikantes Ergebnis liefert Evidenz gegen die Gleichheit aller drei Populationsmittelwerte, zeigt aber nicht, welche Paare verschieden sind.

Da die Fälle zufällig zugewiesen wurden, kann eine gut durchgeführte Studie für diese Bedingungen eine kausale Interpretation stützen, soweit Design und Annahmen glaubwürdig sind.

T08-A01-V08: Workshop-Schwerpunkte und Selbstvertrauen

Fragestellung bestimmen

Das quantitative Ergebnis ist «Selbstvertrauenswert»; seine Werte werden in Punkten angegeben.

Der Faktor ist «gewählter Workshop-Schwerpunkt» mit den Stufen Methoden, Schreiben und Präsentieren.

Bezeichne die Populationsmittelwerte mit μ_1 , μ_2 und μ_3 .

Evidenz schrittweise beurteilen

Die Nullhypothese ist $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$.

Die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Sie besagt nicht, dass jedes Paar verschieden ist.

Schluss und Grenzen festhalten

Drei getrennte Tests würden mehrere Gelegenheiten für einen Fehler vom Typ I schaffen, während der globale F -Test zuerst die eine übergeordnete Frage stellt.

Ein signifikantes Ergebnis liefert Evidenz gegen die Gleichheit aller drei Populationsmittelwerte, zeigt aber nicht, welche Paare verschieden sind.

Da die Gruppen beobachtet und nicht zufällig zugewiesen wurden, beschreibt ein Unterschied einen Zusammenhang und identifiziert für sich allein keinen kausalen Effekt.

T08-A01-V09: Untertitelstile und Tutorialverständnis

Fragestellung bestimmen

Das quantitative Ergebnis ist «Verständniswert»; seine Werte werden in Punkten angegeben.

Der Faktor ist «Untertitelstil» mit den Stufen keine, wortgetreu und redigiert.

Bezeichne die Populationsmittelwerte mit μ_1 , μ_2 und μ_3 .

Evidenz schrittweise beurteilen

Die Nullhypothese ist $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$.

Die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Sie besagt nicht, dass jedes Paar verschieden ist.

Schluss und Grenzen festhalten

Drei getrennte Tests würden mehrere Gelegenheiten für einen Fehler vom Typ I schaffen, während der globale F -Test zuerst die eine übergeordnete Frage stellt.

Ein signifikantes Ergebnis liefert Evidenz gegen die Gleichheit aller drei Populationsmittelwerte, zeigt aber nicht, welche Paare verschieden sind.

Da die Fälle zufällig zugewiesen wurden, kann eine gut durchgeführte Studie für diese Bedingungen eine kausale Interpretation stützen, soweit Design und Annahmen glaubwürdig sind.

T08-A01-V10: Quartiertypen und Parknutzung

Fragestellung bestimmen

Das quantitative Ergebnis ist «wöchentliche Parkbesuche»; seine Werte werden als Anzahl von Besuchen angegeben.

Der Faktor ist «Quartiertyp» mit den Stufen zentral, vorstädtisch und ländlich.

Bezeichne die Populationsmittelwerte mit μ_1 , μ_2 und μ_3 .

Evidenz schrittweise beurteilen

Die Nullhypothese ist $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$.

Die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Sie besagt nicht, dass jedes Paar verschieden ist.

Schluss und Grenzen festhalten

Drei getrennte Tests würden mehrere Gelegenheiten für einen Fehler vom Typ I schaffen, während der globale F -Test zuerst die eine übergeordnete Frage stellt.

Ein signifikantes Ergebnis liefert Evidenz gegen die Gleichheit aller drei Populationsmittelwerte, zeigt aber nicht, welche Paare verschieden sind.

Da die Gruppen beobachtet und nicht zufällig zugewiesen wurden, beschreibt ein Unterschied einen Zusammenhang und identifiziert für sich allein keinen kausalen Effekt.

A06: Eine Vergleichsfamilie vor der Ergebnissichtung festlegen

T08-A06-V01: Lernroutinen

Fragestellung bestimmen, Teil (a)

und

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (b)

Eine Familie enthält jeden Vergleich, den der Entscheidungsprozess verfügbar macht. Dazu gehören auch geprüfte und später ausgeblendete Vergleiche. Daraus ergeben sich folgende Familiengrößen und Grenzen:

Person	Familiengröße	Bonferroni-Grenze	Ergebnisse unter der Grenze
Person 1	2	0.025	A gegen B, A gegen C
Person 2	5	0.010	A gegen B
Person 3	1	0.050	A gegen D
Person 4	5	0.010	A gegen B
Person 5	5	0.010	A gegen B

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (c)

Jedes Ergebnis in der letzten Spalte entsteht, indem nur die p-Werte in der ehrlichen Familie dieser Person mit $0.05/m$ verglichen werden. Person 1 hat zwei vorausschauend festgelegte Vergleiche, Person 2 hat fünf

und Person 3 hat einen. Personen 4 und 5 haben ebenfalls fünf, weil ihre Reduktion erst erfolgte, nachdem die Ergebnisse sichtbar waren.

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (d)

Das Entfernen des grössten Ergebnisses oder das Hervorheben des kleinsten Ergebnisses nach der Prüfung ist datenabhängige Auswahl. Dadurch verschwinden die anderen Möglichkeiten für einen Fehler vom Typ I nicht, und die hervorgehobene Frage wird nicht nachträglich geplant.

Schluss und Grenzen festhalten, Teil (e)

Vor der Ergebnissichtung hätte jede Person den wissenschaftlichen Vergleich, gegebenenfalls seine Richtung oder Kontrastgewichte, die vollständige Familie primärer und sekundärer Vergleiche sowie die gewählte Korrektur für Mehrfachvergleiche festhalten müssen.

T08-A06-V02: Leselayouts

Fragestellung bestimmen, Teil (a)

und

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (b)

Eine Familie enthält jeden Vergleich, den der Entscheidungsprozess verfügbar macht. Dazu gehören auch geprüfte und später ausgeblendete Vergleiche. Daraus ergeben sich folgende Familiengrößen und Grenzen:

Person	Familiengröße	Bonferroni-Grenze	Ergebnisse unter der Grenze
Person 1	2	0.025	A gegen B, A gegen C
Person 2	5	0.010	A gegen B
Person 3	1	0.050	A gegen D
Person 4	5	0.010	A gegen B
Person 5	5	0.010	A gegen B

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (c)

Jedes Ergebnis in der letzten Spalte entsteht, indem nur die p-Werte in der ehrlichen Familie dieser Person mit $0.05/m$ verglichen werden. Person 1 hat zwei vorausschauend festgelegte Vergleiche, Person 2 hat fünf und Person 3 hat einen. Personen 4 und 5 haben ebenfalls fünf, weil ihre Reduktion erst erfolgte, nachdem die Ergebnisse sichtbar waren.

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (d)

Das Entfernen des grössten Ergebnisses oder das Hervorheben des kleinsten Ergebnisses nach der Prüfung ist datenabhängige Auswahl. Dadurch verschwinden die anderen Möglichkeiten für einen Fehler vom Typ I nicht, und die hervorgehobene Frage wird nicht nachträglich geplant.

Schluss und Grenzen festhalten, Teil (e)

Vor der Ergebnissichtung hätte jede Person den wissenschaftlichen Vergleich, gegebenenfalls seine Richtung oder Kontrastgewichte, die vollständige Familie primärer und sekundärer Vergleiche sowie die gewählte Korrektur für Mehrfachvergleiche festhalten müssen.

T08-A06-V03: Archivhinweise

Fragestellung bestimmen, Teil (a)

und

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (b)

Eine Familie enthält jeden Vergleich, den der Entscheidungsprozess verfügbar macht. Dazu gehören auch geprüfte und später ausgeblendete Vergleiche. Daraus ergeben sich folgende Familiengrößen und Grenzen:

Person	Familiengröße	Bonferroni-Grenze	Ergebnisse unter der Grenze
Person 1	2	0.025	A gegen B, A gegen C
Person 2	5	0.010	A gegen B
Person 3	1	0.050	A gegen D
Person 4	5	0.010	A gegen B
Person 5	5	0.010	A gegen B

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (c)

Jedes Ergebnis in der letzten Spalte entsteht, indem nur die p-Werte in der ehrlichen Familie dieser Person mit $0.05/m$ verglichen werden. Person 1 hat zwei vorausschauend festgelegte Vergleiche, Person 2 hat fünf und Person 3 hat einen. Personen 4 und 5 haben ebenfalls fünf, weil ihre Reduktion erst erfolgte, nachdem die Ergebnisse sichtbar waren.

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (d)

Das Entfernen des grössten Ergebnisses oder das Hervorheben des kleinsten Ergebnisses nach der Prüfung ist datenabhängige Auswahl. Dadurch verschwinden die anderen Möglichkeiten für einen Fehler vom Typ I nicht, und die hervorgehobene Frage wird nicht nachträglich geplant.

Schluss und Grenzen festhalten, Teil (e)

Vor der Ergebnissichtung hätte jede Person den wissenschaftlichen Vergleich, gegebenenfalls seine Richtung oder Kontrastgewichte, die vollständige Familie primärer und sekundärer Vergleiche sowie die gewählte Korrektur für Mehrfachvergleiche festhalten müssen.

T08-A06-V04: Museumsrouten

Fragestellung bestimmen, Teil (a)

und

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (b)

Eine Familie enthält jeden Vergleich, den der Entscheidungsprozess verfügbar macht. Dazu gehören auch geprüfte und später ausgeblendete Vergleiche. Daraus ergeben sich folgende Familiengrößen und Grenzen:

Person	Familiengröße	Bonferroni-Grenze	Ergebnisse unter der Grenze
Person 1	2	0.025	A gegen B, A gegen C
Person 2	5	0.010	A gegen B
Person 3	1	0.050	A gegen D
Person 4	5	0.010	A gegen B
Person 5	5	0.010	A gegen B

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (c)

Jedes Ergebnis in der letzten Spalte entsteht, indem nur die p-Werte in der ehrlichen Familie dieser Person mit $0.05/m$ verglichen werden. Person 1 hat zwei vorausschauend festgelegte Vergleiche, Person 2 hat fünf

und Person 3 hat einen. Personen 4 und 5 haben ebenfalls fünf, weil ihre Reduktion erst erfolgte, nachdem die Ergebnisse sichtbar waren.

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (d)

Das Entfernen des grössten Ergebnisses oder das Hervorheben des kleinsten Ergebnisses nach der Prüfung ist datenabhängige Auswahl. Dadurch verschwinden die anderen Möglichkeiten für einen Fehler vom Typ I nicht, und die hervorgehobene Frage wird nicht nachträglich geplant.

Schluss und Grenzen festhalten, Teil (e)

Vor der Ergebnissichtung hätte jede Person den wissenschaftlichen Vergleich, gegebenenfalls seine Richtung oder Kontrastgewichte, die vollständige Familie primärer und sekundärer Vergleiche sowie die gewählte Korrektur für Mehrfachvergleiche festhalten müssen.

T08-A06-V05: Erinnerungspläne

Fragestellung bestimmen, Teil (a)

und

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (b)

Eine Familie enthält jeden Vergleich, den der Entscheidungsprozess verfügbar macht. Dazu gehören auch geprüfte und später ausgeblendete Vergleiche. Daraus ergeben sich folgende Familiengrößen und Grenzen:

Person	Familiengröße	Bonferroni-Grenze	Ergebnisse unter der Grenze
Person 1	2	0.025	A gegen B, A gegen C
Person 2	5	0.010	keines
Person 3	1	0.050	A gegen D
Person 4	5	0.010	keines
Person 5	5	0.010	keines

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (c)

Jedes Ergebnis in der letzten Spalte entsteht, indem nur die p-Werte in der ehrlichen Familie dieser Person mit $0.05/m$ verglichen werden. Person 1 hat zwei vorausschauend festgelegte Vergleiche, Person 2 hat fünf und Person 3 hat einen. Personen 4 und 5 haben ebenfalls fünf, weil ihre Reduktion erst erfolgte, nachdem die Ergebnisse sichtbar waren.

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (d)

Das Entfernen des grössten Ergebnisses oder das Hervorheben des kleinsten Ergebnisses nach der Prüfung ist datenabhängige Auswahl. Dadurch verschwinden die anderen Möglichkeiten für einen Fehler vom Typ I nicht, und die hervorgehobene Frage wird nicht nachträglich geplant.

Schluss und Grenzen festhalten, Teil (e)

Vor der Ergebnissichtung hätte jede Person den wissenschaftlichen Vergleich, gegebenenfalls seine Richtung oder Kontrastgewichte, die vollständige Familie primärer und sekundärer Vergleiche sowie die gewählte Korrektur für Mehrfachvergleiche festhalten müssen.

T08-A06-V06: Notizvorlagen

Fragestellung bestimmen, Teil (a)

und

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (b)

Eine Familie enthält jeden Vergleich, den der Entscheidungsprozess verfügbar macht. Dazu gehören auch geprüfte und später ausgeblendete Vergleiche. Daraus ergeben sich folgende Familiengrößen und Grenzen:

Person	Familiengröße	Bonferroni-Grenze	Ergebnisse unter der Grenze
Person 1	2	0.025	A gegen B, A gegen C
Person 2	5	0.010	A gegen B
Person 3	1	0.050	A gegen D
Person 4	5	0.010	A gegen B
Person 5	5	0.010	A gegen B

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (c)

Jedes Ergebnis in der letzten Spalte entsteht, indem nur die p-Werte in der ehrlichen Familie dieser Person mit $0.05/m$ verglichen werden. Person 1 hat zwei vorausschauend festgelegte Vergleiche, Person 2 hat fünf und Person 3 hat einen. Personen 4 und 5 haben ebenfalls fünf, weil ihre Reduktion erst erfolgte, nachdem die Ergebnisse sichtbar waren.

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (d)

Das Entfernen des grössten Ergebnisses oder das Hervorheben des kleinsten Ergebnisses nach der Prüfung ist datenabhängige Auswahl. Dadurch verschwinden die anderen Möglichkeiten für einen Fehler vom Typ I nicht, und die hervorgehobene Frage wird nicht nachträglich geplant.

Schluss und Grenzen festhalten, Teil (e)

Vor der Ergebnissichtung hätte jede Person den wissenschaftlichen Vergleich, gegebenenfalls seine Richtung oder Kontrastgewichte, die vollständige Familie primärer und sekundärer Vergleiche sowie die gewählte Korrektur für Mehrfachvergleiche festhalten müssen.

T08-A06-V07: Übungsintervalle

Fragestellung bestimmen, Teil (a)

und

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (b)

Eine Familie enthält jeden Vergleich, den der Entscheidungsprozess verfügbar macht. Dazu gehören auch geprüfte und später ausgeblendete Vergleiche. Daraus ergeben sich folgende Familiengrößen und Grenzen:

Person	Familiengröße	Bonferroni-Grenze	Ergebnisse unter der Grenze
Person 1	2	0.025	A gegen B, A gegen C
Person 2	5	0.010	A gegen B
Person 3	1	0.050	A gegen D
Person 4	5	0.010	A gegen B
Person 5	5	0.010	A gegen B

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (c)

Jedes Ergebnis in der letzten Spalte entsteht, indem nur die p-Werte in der ehrlichen Familie dieser Person mit $0.05/m$ verglichen werden. Person 1 hat zwei vorausschauend festgelegte Vergleiche, Person 2 hat fünf

und Person 3 hat einen. Personen 4 und 5 haben ebenfalls fünf, weil ihre Reduktion erst erfolgte, nachdem die Ergebnisse sichtbar waren.

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (d)

Das Entfernen des grössten Ergebnisses oder das Hervorheben des kleinsten Ergebnisses nach der Prüfung ist datenabhängige Auswahl. Dadurch verschwinden die anderen Möglichkeiten für einen Fehler vom Typ I nicht, und die hervorgehobene Frage wird nicht nachträglich geplant.

Schluss und Grenzen festhalten, Teil (e)

Vor der Ergebnissichtung hätte jede Person den wissenschaftlichen Vergleich, gegebenenfalls seine Richtung oder Kontrastgewichte, die vollständige Familie primärer und sekundärer Vergleiche sowie die gewählte Korrektur für Mehrfachvergleiche festhalten müssen.

T08-A06-V08: Geräuschkulissen

Fragestellung bestimmen, Teil (a)

und

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (b)

Eine Familie enthält jeden Vergleich, den der Entscheidungsprozess verfügbar macht. Dazu gehören auch geprüfte und später ausgeblendete Vergleiche. Daraus ergeben sich folgende Familiengrößen und Grenzen:

Person	Familiengröße	Bonferroni-Grenze	Ergebnisse unter der Grenze
Person 1	2	0.025	A gegen B, A gegen C
Person 2	5	0.010	A gegen B
Person 3	1	0.050	A gegen D
Person 4	5	0.010	A gegen B
Person 5	5	0.010	A gegen B

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (c)

Jedes Ergebnis in der letzten Spalte entsteht, indem nur die p-Werte in der ehrlichen Familie dieser Person mit $0.05/m$ verglichen werden. Person 1 hat zwei vorausschauend festgelegte Vergleiche, Person 2 hat fünf und Person 3 hat einen. Personen 4 und 5 haben ebenfalls fünf, weil ihre Reduktion erst erfolgte, nachdem die Ergebnisse sichtbar waren.

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (d)

Das Entfernen des grössten Ergebnisses oder das Hervorheben des kleinsten Ergebnisses nach der Prüfung ist datenabhängige Auswahl. Dadurch verschwinden die anderen Möglichkeiten für einen Fehler vom Typ I nicht, und die hervorgehobene Frage wird nicht nachträglich geplant.

Schluss und Grenzen festhalten, Teil (e)

Vor der Ergebnissichtung hätte jede Person den wissenschaftlichen Vergleich, gegebenenfalls seine Richtung oder Kontrastgewichte, die vollständige Familie primärer und sekundärer Vergleiche sowie die gewählte Korrektur für Mehrfachvergleiche festhalten müssen.

T08-A06-V09: Navigationshilfen

Fragestellung bestimmen, Teil (a)

und

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (b)

Eine Familie enthält jeden Vergleich, den der Entscheidungsprozess verfügbar macht. Dazu gehören auch geprüfte und später ausgeblendete Vergleiche. Daraus ergeben sich folgende Familiengrößen und Grenzen:

Person	Familiengröße	Bonferroni-Grenze	Ergebnisse unter der Grenze
Person 1	2	0.025	A gegen B, A gegen C
Person 2	5	0.010	A gegen B
Person 3	1	0.050	A gegen D
Person 4	5	0.010	A gegen B
Person 5	5	0.010	A gegen B

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (c)

Jedes Ergebnis in der letzten Spalte entsteht, indem nur die p-Werte in der ehrlichen Familie dieser Person mit $0.05/m$ verglichen werden. Person 1 hat zwei vorausschauend festgelegte Vergleiche, Person 2 hat fünf und Person 3 hat einen. Personen 4 und 5 haben ebenfalls fünf, weil ihre Reduktion erst erfolgte, nachdem die Ergebnisse sichtbar waren.

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (d)

Das Entfernen des grössten Ergebnisses oder das Hervorheben des kleinsten Ergebnisses nach der Prüfung ist datenabhängige Auswahl. Dadurch verschwinden die anderen Möglichkeiten für einen Fehler vom Typ I nicht, und die hervorgehobene Frage wird nicht nachträglich geplant.

Schluss und Grenzen festhalten, Teil (e)

Vor der Ergebnissichtung hätte jede Person den wissenschaftlichen Vergleich, gegebenenfalls seine Richtung oder Kontrastgewichte, die vollständige Familie primärer und sekundärer Vergleiche sowie die gewählte Korrektur für Mehrfachvergleiche festhalten müssen.

T08-A06-V10: Rückmeldungspläne

Fragestellung bestimmen, Teil (a)

und

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (b)

Eine Familie enthält jeden Vergleich, den der Entscheidungsprozess verfügbar macht. Dazu gehören auch geprüfte und später ausgeblendete Vergleiche. Daraus ergeben sich folgende Familiengrößen und Grenzen:

Person	Familiengröße	Bonferroni-Grenze	Ergebnisse unter der Grenze
Person 1	2	0.025	A gegen B, A gegen C
Person 2	5	0.010	A gegen B
Person 3	1	0.050	A gegen D
Person 4	5	0.010	A gegen B
Person 5	5	0.010	A gegen B

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (c)

Jedes Ergebnis in der letzten Spalte entsteht, indem nur die p-Werte in der ehrlichen Familie dieser Person mit $0.05/m$ verglichen werden. Person 1 hat zwei vorausschauend festgelegte Vergleiche, Person 2 hat fünf

und Person 3 hat einen. Personen 4 und 5 haben ebenfalls fünf, weil ihre Reduktion erst erfolgte, nachdem die Ergebnisse sichtbar waren.

Evidenz schrittweise beurteilen, Teil (d)

Das Entfernen des grössten Ergebnisses oder das Hervorheben des kleinsten Ergebnisses nach der Prüfung ist datenabhängige Auswahl. Dadurch verschwinden die anderen Möglichkeiten für einen Fehler vom Typ I nicht, und die hervorgehobene Frage wird nicht nachträglich geplant.

Schluss und Grenzen festhalten, Teil (e)

Vor der Ergebnissichtung hätte jede Person den wissenschaftlichen Vergleich, gegebenenfalls seine Richtung oder Kontrastgewichte, die vollständige Familie primärer und sekundärer Vergleiche sowie die gewählte Korrektur für Mehrfachvergleiche festhalten müssen.

Teil II: Rechnerpraxis

A02: Gruppenmittelwerte, Quadratsummenzerlegung und einfaktorieller F-Test

T08-A02-V01: Lernroutinen und Lernleistung

Berechnung einrichten

Die Gruppenmittelwerte sind 12, 16, 20, der Gesamtmittelwert ist 16.0000 Punkte.

Die Berechnung zwischen den Gruppen ergibt $SS_A = \sum_i n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 = 128.0000$.

Berechnung durchführen

Die Summe quadrierter Abweichungen innerhalb der drei Gruppen ergibt $SS_e = 60.0000$.

Um den Gesamtmittelwert gilt $SS_{total} = 188.0000$ und $188.0000 = 128.0000 + 60.0000$; die Zerlegung stimmt.

Die Freiheitsgrade sind $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 12 - 3 = 9$ und $df_{total} = 11$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $MS_A = 128.0000/2 = 64.0000$, $MS_e = 60.0000/9 = 6.6667$ und $F = 64.0000/6.6667 = 9.6000$.

Weil 9.6000 grösser als 4.26 ist, lehnen wir die Nullhypothese gleicher Mittelwerte auf dem 5%-Niveau ab.

Die Entscheidung betrifft das globale Mittelwertmuster und nicht jedes einzelne Paar.

T08-A02-V02: Leselayouts und Lesegeschwindigkeit

Berechnung einrichten

Die Gruppenmittelwerte sind 20, 22, 24, der Gesamtmittelwert ist 22.0000 Wörter pro Minute über dem Ausgangswert.

Die Berechnung zwischen den Gruppen ergibt $SS_A = \sum_i n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 = 32.0000$.

Berechnung durchführen

Die Summe quadrierter Abweichungen innerhalb der drei Gruppen ergibt $SS_e = 60.0000$.

Um den Gesamtmittelwert gilt $SS_{total} = 92.0000$ und $92.0000 = 32.0000 + 60.0000$; die Zerlegung stimmt.

Die Freiheitsgrade sind $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 12 - 3 = 9$ und $df_{total} = 11$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $MS_A = 32.0000/2 = 16.0000$, $MS_e = 60.0000/9 = 6.6667$ und $F = 16.0000/6.6667 = 2.4000$.

Weil 2.4000 nicht grösser als 4.26 ist, lehnen wir die Nullhypothese gleicher Mittelwerte auf dem 5%-Niveau nicht ab.

Die Entscheidung betrifft das globale Mittelwertmuster und nicht jedes einzelne Paar.

T08-A02-V03: Archivhinweise und korrekte Datensätze**Berechnung einrichten**

Die Gruppenmittelwerte sind 15, 15, 15, der Gesamtmittelwert ist 15.0000 Datensätze.

Die Berechnung zwischen den Gruppen ergibt $SS_A = \sum_i n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 = 0.0000$.

Berechnung durchführen

Die Summe quadrierter Abweichungen innerhalb der drei Gruppen ergibt $SS_e = 60.0000$.

Um den Gesamtmittelwert gilt $SS_{total} = 60.0000$ und $60.0000 = 0.0000 + 60.0000$; die Zerlegung stimmt.

Die Freiheitsgrade sind $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 12 - 3 = 9$ und $df_{total} = 11$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $MS_A = 0.0000/2 = 0.0000$, $MS_e = 60.0000/9 = 6.6667$ und $F = 0.0000/6.6667 = 0.0000$.

Weil 0.0000 nicht grösser als 4.26 ist, lehnen wir die Nullhypothese gleicher Mittelwerte auf dem 5%-Niveau nicht ab.

Die Entscheidung betrifft das globale Mittelwertmuster und nicht jedes einzelne Paar.

T08-A02-V04: Museumskarten und Routensicherheit**Berechnung einrichten**

Die Gruppenmittelwerte sind 45, 50, 47, der Gesamtmittelwert ist 47.3333 Punkte.

Die Berechnung zwischen den Gruppen ergibt $SS_A = \sum_i n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 = 50.6667$.

Berechnung durchführen

Die Summe quadrierter Abweichungen innerhalb der drei Gruppen ergibt $SS_e = 60.0000$.

Um den Gesamtmittelwert gilt $SS_{total} = 110.6667$ und $110.6667 = 50.6667 + 60.0000$; die Zerlegung stimmt.

Die Freiheitsgrade sind $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 12 - 3 = 9$ und $df_{total} = 11$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $MS_A = 50.6667/2 = 25.3333$, $MS_e = 60.0000/9 = 6.6667$ und $F = 25.3333/6.6667 = 3.8000$.

Weil 3.8000 nicht grösser als 4.26 ist, lehnen wir die Nullhypothese gleicher Mittelwerte auf dem 5%-Niveau nicht ab.

Die Entscheidung betrifft das globale Mittelwertmuster und nicht jedes einzelne Paar.

T08-A02-V05: Zeitpunkt der Erinnerung und Abschluss**Berechnung einrichten**

Die Gruppenmittelwerte sind 30, 35, 39, der Gesamtmittelwert ist 34.6667 Punkte.

Die Berechnung zwischen den Gruppen ergibt $SS_A = \sum_i n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 = 162.6667$.

Berechnung durchführen

Die Summe quadrierter Abweichungen innerhalb der drei Gruppen ergibt $SS_e = 60.0000$.

Um den Gesamtmittelwert gilt $SS_{total} = 222.6667$ und $222.6667 = 162.6667 + 60.0000$; die Zerlegung stimmt.

Die Freiheitsgrade sind $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 12 - 3 = 9$ und $df_{total} = 11$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $MS_A = 162.6667/2 = 81.3333$, $MS_e = 60.0000/9 = 6.6667$ und $F = 81.3333/6.6667 = 12.2000$.

Weil 12.2000 grösser als 4.26 ist, lehnen wir die Nullhypothese gleicher Mittelwerte auf dem 5%-Niveau ab.

Die Entscheidung betrifft das globale Mittelwertmuster und nicht jedes einzelne Paar.

T08-A02-V06: Notizformate und Erkennen von Argumenten**Berechnung einrichten**

Die Gruppenmittelwerte sind 52, 56, 61, der Gesamtmittelwert ist 56.3333 Punkte.

Die Berechnung zwischen den Gruppen ergibt $SS_A = \sum_i n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 = 162.6667$.

Berechnung durchführen

Die Summe quadrierter Abweichungen innerhalb der drei Gruppen ergibt $SS_e = 60.0000$.

Um den Gesamtmittelwert gilt $SS_{total} = 222.6667$ und $222.6667 = 162.6667 + 60.0000$; die Zerlegung stimmt.

Die Freiheitsgrade sind $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 12 - 3 = 9$ und $df_{total} = 11$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $MS_A = 162.6667/2 = 81.3333$, $MS_e = 60.0000/9 = 6.6667$ und $F = 81.3333/6.6667 = 12.2000$.

Weil 12.2000 grösser als 4.26 ist, lehnen wir die Nullhypothese gleicher Mittelwerte auf dem 5%-Niveau ab.

Die Entscheidung betrifft das globale Mittelwertmuster und nicht jedes einzelne Paar.

T08-A02-V07: Zeitliche Verteilung des Übens und Erinnerung**Berechnung einrichten**

Die Gruppenmittelwerte sind 40, 43, 48, der Gesamtmittelwert ist 43.6667 Punkte.

Die Berechnung zwischen den Gruppen ergibt $SS_A = \sum_i n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 = 130.6667$.

Berechnung durchführen

Die Summe quadrierter Abweichungen innerhalb der drei Gruppen ergibt $SS_e = 60.0000$.

Um den Gesamtmittelwert gilt $SS_{total} = 190.6667$ und $190.6667 = 130.6667 + 60.0000$; die Zerlegung stimmt.

Die Freiheitsgrade sind $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 12 - 3 = 9$ und $df_{total} = 11$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $MS_A = 130.6667/2 = 65.3333$, $MS_e = 60.0000/9 = 6.6667$ und $F = 65.3333/6.6667 = 9.8000$.

Weil 9.8000 grösser als 4.26 ist, lehnen wir die Nullhypothese gleicher Mittelwerte auf dem 5%-Niveau ab.

Die Entscheidung betrifft das globale Mittelwertmuster und nicht jedes einzelne Paar.

T08-A02-V08: Geräuschkulisse und Konzentration**Berechnung einrichten**

Die Gruppenmittelwerte sind 70, 68, 63, der Gesamtmittelwert ist 67.0000 Punkte.

Die Berechnung zwischen den Gruppen ergibt $SS_A = \sum_i n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 = 104.0000$.

Berechnung durchführen

Die Summe quadrierter Abweichungen innerhalb der drei Gruppen ergibt $SS_e = 60.0000$.

Um den Gesamtmittelwert gilt $SS_{total} = 164.0000$ und $164.0000 = 104.0000 + 60.0000$; die Zerlegung stimmt.

Die Freiheitsgrade sind $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 12 - 3 = 9$ und $df_{total} = 11$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $MS_A = 104.0000/2 = 52.0000$, $MS_e = 60.0000/9 = 6.6667$ und $F = 52.0000/6.6667 = 7.8000$.

Weil 7.8000 grösser als 4.26 ist, lehnen wir die Nullhypothese gleicher Mittelwerte auf dem 5%-Niveau ab.

Die Entscheidung betrifft das globale Mittelwertmuster und nicht jedes einzelne Paar.

T08-A02-V09: Routenanweisungen und Fehler

Berechnung einrichten

Die Gruppenmittelwerte sind 18, 14, 10, der Gesamtmittelwert ist 14.0000 Fehler.

Die Berechnung zwischen den Gruppen ergibt $SS_A = \sum_i n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 = 128.0000$.

Berechnung durchführen

Die Summe quadrierter Abweichungen innerhalb der drei Gruppen ergibt $SS_e = 60.0000$.

Um den Gesamtmittelwert gilt $SS_{total} = 188.0000$ und $188.0000 = 128.0000 + 60.0000$; die Zerlegung stimmt.

Die Freiheitsgrade sind $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 12 - 3 = 9$ und $df_{total} = 11$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $MS_A = 128.0000/2 = 64.0000$, $MS_e = 60.0000/9 = 6.6667$ und $F = 64.0000/6.6667 = 9.6000$.

Weil 9.6000 grösser als 4.26 ist, lehnen wir die Nullhypothese gleicher Mittelwerte auf dem 5%-Niveau ab.

Die Entscheidung betrifft das globale Mittelwertmuster und nicht jedes einzelne Paar.

T08-A02-V10: Zeitpunkt der Rückmeldung und Überarbeitungsqualität

Berechnung einrichten

Die Gruppenmittelwerte sind 64, 67, 65, der Gesamtmittelwert ist 65.3333 Punkte.

Die Berechnung zwischen den Gruppen ergibt $SS_A = \sum_i n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 = 18.6667$.

Berechnung durchführen

Die Summe quadrierter Abweichungen innerhalb der drei Gruppen ergibt $SS_e = 60.0000$.

Um den Gesamtmittelwert gilt $SS_{total} = 78.6667$ und $78.6667 = 18.6667 + 60.0000$; die Zerlegung stimmt.

Die Freiheitsgrade sind $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 12 - 3 = 9$ und $df_{total} = 11$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $MS_A = 18.6667/2 = 9.3333$, $MS_e = 60.0000/9 = 6.6667$ und $F = 9.3333/6.6667 = 1.4000$.

Weil 1.4000 nicht grösser als 4.26 ist, lehnen wir die Nullhypothese gleicher Mittelwerte auf dem 5%-Niveau nicht ab.

Die Entscheidung betrifft das globale Mittelwertmuster und nicht jedes einzelne Paar.

A03: Eine ANOVA-Tabelle rekonstruieren und das Design lesen

T08-A03-V01: Randomisierte Lesehinweise

Vor dem Rechnen begründen

Für $k = 3$ Gruppen gilt $H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Die Gesamtquadratsumme ist $96+144=240$.

Berechnung durchführen

Bei $N = 24$ sind die Freiheitsgrade $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 24 - 3 = 21$ und $df_{total} = 24 - 1 = 23$.

Dann $MS_A = 96/2 = 48.0000$, $MS_e = 144/21 = 6.8571$ und $F = 7.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Weil 7.0000 grösser als 3.44 ist, lehnen wir die Nullhypothese auf dem 5%-Niveau ab.

Die gleichen Gruppengrössen machen das Design balanciert.

Zufällige Zuweisung kann für die zugewiesenen Bedingungen eine kausale Interpretation stützen, wenn Umsetzung und Modellannahmen glaubwürdig sind.

T08-A03-V02: Beobachtete Verkehrsmittel beim Pendeln

Vor dem Rechnen begründen

Für $k = 3$ Gruppen gilt $H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Die Gesamtquadratsumme ist $45+210=255$.

Berechnung durchführen

Bei $N = 26$ sind die Freiheitsgrade $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 26 - 3 = 23$ und $df_{total} = 26 - 1 = 25$.

Dann $MS_A = 45/2 = 22.5000$, $MS_e = 210/23 = 9.1304$ und $F = 2.4643$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Weil 2.4643 nicht grösser als 3.42 ist, lehnen wir die Nullhypothese auf dem 5%-Niveau nicht ab.

Die ungleichen Gruppengrössen machen das Design unbalanciert.

Ohne zufällige Zuweisung beschreibt das Ergebnis einen Gruppenzusammenhang und kann bestehende Gruppenunterschiede nicht selbst ausschliessen.

T08-A03-V03: Randomisierte Archivoberflächen

Vor dem Rechnen begründen

Für $k = 4$ Gruppen gilt $H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_4$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Die Gesamtquadratsumme ist $180+220=400$.

Berechnung durchführen

Bei $N = 24$ sind die Freiheitsgrade $df_A = 4 - 1 = 3$, $df_e = 24 - 4 = 20$ und $df_{total} = 24 - 1 = 23$.

Dann $MS_A = 180/3 = 60.0000$, $MS_e = 220/20 = 11.0000$ und $F = 5.4545$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Weil 5.4545 grösser als 3.10 ist, lehnen wir die Nullhypothese auf dem 5%-Niveau ab.

Die gleichen Gruppengrössen machen das Design balanciert.

Zufällige Zuweisung kann für die zugewiesenen Bedingungen eine kausale Interpretation stützen, wenn Umsetzung und Modellannahmen glaubwürdig sind.

T08-A03-V04: Selbst gewählte Workshop-Schwerpunkte

Vor dem Rechnen begründen

Für $k = 3$ Gruppen gilt $H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Die Gesamtquadratsumme ist $30+330=360$.

Berechnung durchführen

Bei $N = 36$ sind die Freiheitsgrade $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 36 - 3 = 33$ und $df_{total} = 36 - 1 = 35$.

Dann $MS_A = 30/2 = 15.0000$, $MS_e = 330/33 = 10.0000$ und $F = 1.5000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Weil 1.5000 nicht grösser als 3.28 ist, lehnen wir die Nullhypothese auf dem 5%-Niveau nicht ab.

Die gleichen Gruppengrößen machen das Design balanciert.

Ohne zufällige Zuweisung beschreibt das Ergebnis einen Gruppenzusammenhang und kann bestehende Gruppenunterschiede nicht selbst ausschliessen.

T08-A03-V05: Randomisierte Erinnerungspläne

Vor dem Rechnen begründen

Für $k = 3$ Gruppen gilt $H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Die Gesamtquadratsumme ist $120+180=300$.

Berechnung durchführen

Bei $N = 27$ sind die Freiheitsgrade $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 27 - 3 = 24$ und $df_{total} = 27 - 1 = 26$.

Dann $MS_A = 120/2 = 60.0000$, $MS_e = 180/24 = 7.5000$ und $F = 8.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Weil 8.0000 grösser als 3.35 ist, lehnen wir die Nullhypothese auf dem 5%-Niveau ab.

Die gleichen Gruppengrößen machen das Design balanciert.

Zufällige Zuweisung kann für die zugewiesenen Bedingungen eine kausale Interpretation stützen, wenn Umsetzung und Modellannahmen glaubwürdig sind.

T08-A03-V06: Beobachtete Quartiertypen

Vor dem Rechnen begründen

Für $k = 3$ Gruppen gilt $H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Die Gesamtquadratsumme ist $75+270=345$.

Berechnung durchführen

Bei $N = 30$ sind die Freiheitsgrade $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 30 - 3 = 27$ und $df_{total} = 30 - 1 = 29$.

Dann $MS_A = 75/2 = 37.5000$, $MS_e = 270/27 = 10.0000$ und $F = 3.7500$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Weil 3.7500 grösser als 3.35 ist, lehnen wir die Nullhypothese auf dem 5%-Niveau ab.

Die ungleichen Gruppengrößen machen das Design unbalanciert.

Ohne zufällige Zuweisung beschreibt das Ergebnis einen Gruppenzusammenhang und kann bestehende Gruppenunterschiede nicht selbst ausschliessen.

T08-A03-V07: Randomisierte Untertitelstile

Vor dem Rechnen begründen

Für $k = 4$ Gruppen gilt $H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_4$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Die Gesamtquadratsumme ist $210+252=462$.

Berechnung durchführen

Bei $N = 28$ sind die Freiheitsgrade $df_A = 4 - 1 = 3$, $df_e = 28 - 4 = 24$ und $df_{total} = 28 - 1 = 27$.

Dann $MS_A = 210/3 = 70.0000$, $MS_e = 252/24 = 10.5000$ und $F = 6.6667$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Weil 6.6667 grösser als 3.01 ist, lehnen wir die Nullhypothese auf dem 5%-Niveau ab.

Die gleichen Gruppengrössen machen das Design balanciert.

Zufällige Zuweisung kann für die zugewiesenen Bedingungen eine kausale Interpretation stützen, wenn Umsetzung und Modellannahmen glaubwürdig sind.

T08-A03-V08: Gewählte Lernorte

Vor dem Rechnen begründen

Für $k = 3$ Gruppen gilt $H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Die Gesamtquadratsumme ist $54+243=297$.

Berechnung durchführen

Bei $N = 30$ sind die Freiheitsgrade $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 30 - 3 = 27$ und $df_{total} = 30 - 1 = 29$.

Dann $MS_A = 54/2 = 27.0000$, $MS_e = 243/27 = 9.0000$ und $F = 3.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Weil 3.0000 nicht grösser als 3.35 ist, lehnen wir die Nullhypothese auf dem 5%-Niveau nicht ab.

Die ungleichen Gruppengrössen machen das Design unbalanciert.

Ohne zufällige Zuweisung beschreibt das Ergebnis einen Gruppenzusammenhang und kann bestehende Gruppenunterschiede nicht selbst ausschliessen.

T08-A03-V09: Randomisierte Routenkarten

Vor dem Rechnen begründen

Für $k = 3$ Gruppen gilt $H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Die Gesamtquadratsumme ist $160+240=400$.

Berechnung durchführen

Bei $N = 30$ sind die Freiheitsgrade $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 30 - 3 = 27$ und $df_{total} = 30 - 1 = 29$.

Dann $MS_A = 160/2 = 80.0000$, $MS_e = 240/27 = 8.8889$ und $F = 9.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Weil 9.0000 grösser als 3.35 ist, lehnen wir die Nullhypothese auf dem 5%-Niveau ab.

Die gleichen Gruppengrössen machen das Design balanciert.

Zufällige Zuweisung kann für die zugewiesenen Bedingungen eine kausale Interpretation stützen, wenn Umsetzung und Modellannahmen glaubwürdig sind.

T08-A03-V10: Beobachtete Beschäftigungssektoren

Vor dem Rechnen begründen

Für $k = 3$ Gruppen gilt $H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Mittelwerte unterscheiden.

Die Gesamtquadratsumme ist $40+260=300$.

Berechnung durchführen

Bei $N = 30$ sind die Freiheitsgrade $df_A = 3 - 1 = 2$, $df_e = 30 - 3 = 27$ und $df_{total} = 30 - 1 = 29$.

Dann $MS_A = 40/2 = 20.0000$, $MS_e = 260/27 = 9.6296$ und $F = 2.0769$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Weil 2.0769 nicht grösser als 3.35 ist, lehnen wir die Nullhypothese auf dem 5%-Niveau nicht ab.

Die ungleichen Gruppengrößen machen das Design unbalanciert.

Ohne zufällige Zuweisung beschreibt das Ergebnis einen Gruppenzusammenhang und kann bestehende Gruppenunterschiede nicht selbst ausschliessen.

A04: Einfache paarweise und gepoolte komplexe Kontraste

T08-A04-V01: Vier Lernroutinen

Berechnung einrichten

Beide Gewichtsvektoren summieren sich zu null und sind daher gültige Kontraste.

Der einfache Kontrast vergleicht Gruppe 2 mit Gruppe 1: $D_s = 4.0000$.

Berechnung durchführen

Sein Standardfehler ist $SE_s = \sqrt{(25/8)[(-1)^2 + 1^2]} = 2.5000$; damit $t_s = 4.0000/2.5000 = 1.6000$.

Der komplexe Kontrast vergleicht die Summe der Gruppen 3 und 4 mit der Summe der Gruppen 1 und 2: $D_c = 16.0000$.

Sein Standardfehler ist $SE_c = \sqrt{(25/8)[(-1)^2 + (-1)^2 + 1^2 + 1^2]} = 3.5355$; somit $t_c = 4.5255$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Eine Division jedes komplexen Gewichts durch 2 würde die Differenz zwischen den zwei gepoolten Mittelwerten ausdrücken und die t -Statistik unverändert lassen, weil Schätzung und Standardfehler gemeinsam skaliert werden.

Rohe Kontrastschätzungen verwenden bei verschiedenen Gewichten verschiedene Skalen.

Vergleiche deshalb die formulierte Frage und die standardisierte Statistik, nicht nur den Betrag.

T08-A04-V02: Vier Leselayouts

Berechnung einrichten

Beide Gewichtsvektoren summieren sich zu null und sind daher gültige Kontraste.

Der einfache Kontrast vergleicht Gruppe 2 mit Gruppe 1: $D_s = 5.0000$.

Berechnung durchführen

Sein Standardfehler ist $SE_s = \sqrt{(16/8)[(-1)^2 + 1^2]} = 2.0000$; damit $t_s = 5.0000/2.0000 = 2.5000$.

Der komplexe Kontrast vergleicht die Summe der Gruppen 3 und 4 mit der Summe der Gruppen 1 und 2: $D_c = 13.0000$.

Sein Standardfehler ist $SE_c = \sqrt{(16/8)[(-1)^2 + (-1)^2 + 1^2 + 1^2]} = 2.8284$; somit $t_c = 4.5962$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Eine Division jedes komplexen Gewichts durch 2 würde die Differenz zwischen den zwei gepoolten Mittelwerten ausdrücken und die t -Statistik unverändert lassen, weil Schätzung und Standardfehler gemeinsam skaliert werden.

Rohe Kontrastschätzungen verwenden bei verschiedenen Gewichten verschiedene Skalen.

Vergleiche deshalb die formulierte Frage und die standardisierte Statistik, nicht nur den Betrag.

T08-A04-V03: Vier Archivhinweise

Berechnung einrichten

Beide Gewichtsvektoren summieren sich zu null und sind daher gültige Kontraste.

Der einfache Kontrast vergleicht Gruppe 2 mit Gruppe 1: $D_s = 3.0000$.

Berechnung durchführen

Sein Standardfehler ist $SE_s = \sqrt{(9/8)[(-1)^2 + 1^2]} = 1.5000$; damit $t_s = 3.0000/1.5000 = 2.0000$.

Der komplexe Kontrast vergleicht die Summe der Gruppen 3 und 4 mit der Summe der Gruppen 1 und 2: $D_c = 8.0000$.

Sein Standardfehler ist $SE_c = \sqrt{(9/8)[(-1)^2 + (-1)^2 + 1^2 + 1^2]} = 2.1213$; somit $t_c = 3.7712$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Eine Division jedes komplexen Gewichts durch 2 würde die Differenz zwischen den zwei gepoolten Mittelwerten ausdrücken und die t -Statistik unverändert lassen, weil Schätzung und Standardfehler gemeinsam skaliert werden.

Rohe Kontrastschätzungen verwenden bei verschiedenen Gewichten verschiedene Skalen.

Vergleiche deshalb die formulierte Frage und die standardisierte Statistik, nicht nur den Betrag.

T08-A04-V04: Vier Museumsrouten

Berechnung einrichten

Beide Gewichtsvektoren summieren sich zu null und sind daher gültige Kontraste.

Der einfache Kontrast vergleicht Gruppe 2 mit Gruppe 1: $D_s = -3.0000$.

Berechnung durchführen

Sein Standardfehler ist $SE_s = \sqrt{(36/8)[(-1)^2 + 1^2]} = 3.0000$; damit $t_s = -3.0000/3.0000 = -1.0000$.

Der komplexe Kontrast vergleicht die Summe der Gruppen 3 und 4 mit der Summe der Gruppen 1 und 2: $D_c = 15.0000$.

Sein Standardfehler ist $SE_c = \sqrt{(36/8)[(-1)^2 + (-1)^2 + 1^2 + 1^2]} = 4.2426$; somit $t_c = 3.5355$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Eine Division jedes komplexen Gewichts durch 2 würde die Differenz zwischen den zwei gepoolten Mittelwerten ausdrücken und die t -Statistik unverändert lassen, weil Schätzung und Standardfehler gemeinsam skaliert werden.

Rohe Kontrastschätzungen verwenden bei verschiedenen Gewichten verschiedene Skalen.

Vergleiche deshalb die formulierte Frage und die standardisierte Statistik, nicht nur den Betrag.

T08-A04-V05: Vier Erinnerungspläne

Berechnung einrichten

Beide Gewichtsvektoren summieren sich zu null und sind daher gültige Kontraste.

Der einfache Kontrast vergleicht Gruppe 2 mit Gruppe 1: $D_s = 5.0000$.

Berechnung durchführen

Sein Standardfehler ist $SE_s = \sqrt{(20/8)[(-1)^2 + 1^2]} = 2.2361$; damit $t_s = 5.0000/2.2361 = 2.2361$.

Der komplexe Kontrast vergleicht die Summe der Gruppen 3 und 4 mit der Summe der Gruppen 1 und 2: $D_c = 14.0000$.

Sein Standardfehler ist $SE_c = \sqrt{(20/8)[(-1)^2 + (-1)^2 + 1^2 + 1^2]} = 3.1623$; somit $t_c = 4.4272$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Eine Division jedes komplexen Gewichts durch 2 würde die Differenz zwischen den zwei gepoolten Mittelwerten ausdrücken und die t -Statistik unverändert lassen, weil Schätzung und Standardfehler gemeinsam skaliert werden.

Rohe Kontrastschätzungen verwenden bei verschiedenen Gewichten verschiedene Skalen.

Vergleiche deshalb die formulierte Frage und die standardisierte Statistik, nicht nur den Betrag.

T08-A04-V06: Vier Notizvorlagen

Berechnung einrichten

Beide Gewichtsvektoren summieren sich zu null und sind daher gültige Kontraste.

Der einfache Kontrast vergleicht Gruppe 2 mit Gruppe 1: $D_s = 3.0000$.

Berechnung durchführen

Sein Standardfehler ist $SE_s = \sqrt{(24/8)[(-1)^2 + 1^2]} = 2.4495$; damit $t_s = 3.0000/2.4495 = 1.2247$.

Der komplexe Kontrast vergleicht die Summe der Gruppen 3 und 4 mit der Summe der Gruppen 1 und 2: $D_c = 17.0000$.

Sein Standardfehler ist $SE_c = \sqrt{(24/8)[(-1)^2 + (-1)^2 + 1^2 + 1^2]} = 3.4641$; somit $t_c = 4.9075$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Eine Division jedes komplexen Gewichts durch 2 würde die Differenz zwischen den zwei gepoolten Mittelwerten ausdrücken und die t -Statistik unverändert lassen, weil Schätzung und Standardfehler gemeinsam skaliert werden.

Rohe Kontrastschätzungen verwenden bei verschiedenen Gewichten verschiedene Skalen.

Vergleiche deshalb die formulierte Frage und die standardisierte Statistik, nicht nur den Betrag.

T08-A04-V07: Vier Übungsintervalle

Berechnung einrichten

Beide Gewichtsvektoren summieren sich zu null und sind daher gültige Kontraste.

Der einfache Kontrast vergleicht Gruppe 2 mit Gruppe 1: $D_s = 5.0000$.

Berechnung durchführen

Sein Standardfehler ist $SE_s = \sqrt{(30/8)[(-1)^2 + 1^2]} = 2.7386$; damit $t_s = 5.0000/2.7386 = 1.8257$.

Der komplexe Kontrast vergleicht die Summe der Gruppen 3 und 4 mit der Summe der Gruppen 1 und 2: $D_c = 17.0000$.

Sein Standardfehler ist $SE_c = \sqrt{(30/8)[(-1)^2 + (-1)^2 + 1^2 + 1^2]} = 3.8730$; somit $t_c = 4.3894$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Eine Division jedes komplexen Gewichts durch 2 würde die Differenz zwischen den zwei gepoolten Mittelwerten ausdrücken und die t -Statistik unverändert lassen, weil Schätzung und Standardfehler gemeinsam skaliert werden.

Rohe Kontrastschätzungen verwenden bei verschiedenen Gewichten verschiedene Skalen.

Vergleiche deshalb die formulierte Frage und die standardisierte Statistik, nicht nur den Betrag.

T08-A04-V08: Vier Geräuschkulissen**Berechnung einrichten**

Beide Gewichtsvektoren summieren sich zu null und sind daher gültige Kontraste.

Der einfache Kontrast vergleicht Gruppe 2 mit Gruppe 1: $D_s = -4.0000$.

Berechnung durchführen

Sein Standardfehler ist $SE_s = \sqrt{(18/8)[(-1)^2 + 1^2]} = 2.1213$; damit $t_s = -4.0000/2.1213 = -1.8856$.

Der komplexe Kontrast vergleicht die Summe der Gruppen 3 und 4 mit der Summe der Gruppen 1 und 2: $D_c = -11.0000$.

Sein Standardfehler ist $SE_c = \sqrt{(18/8)[(-1)^2 + (-1)^2 + 1^2 + 1^2]} = 3.0000$; somit $t_c = -3.6667$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Eine Division jedes komplexen Gewichts durch 2 würde die Differenz zwischen den zwei gepoolten Mittelwerten ausdrücken und die t -Statistik unverändert lassen, weil Schätzung und Standardfehler gemeinsam skaliert werden.

Rohe Kontrastschätzungen verwenden bei verschiedenen Gewichten verschiedene Skalen.

Vergleiche deshalb die formulierte Frage und die standardisierte Statistik, nicht nur den Betrag.

T08-A04-V09: Vier Navigationshilfen**Berechnung einrichten**

Beide Gewichtsvektoren summieren sich zu null und sind daher gültige Kontraste.

Der einfache Kontrast vergleicht Gruppe 2 mit Gruppe 1: $D_s = 5.0000$.

Berechnung durchführen

Sein Standardfehler ist $SE_s = \sqrt{(22/8)[(-1)^2 + 1^2]} = 2.3452$; damit $t_s = 5.0000/2.3452 = 2.1320$.

Der komplexe Kontrast vergleicht die Summe der Gruppen 3 und 4 mit der Summe der Gruppen 1 und 2: $D_c = 17.0000$.

Sein Standardfehler ist $SE_c = \sqrt{(22/8)[(-1)^2 + (-1)^2 + 1^2 + 1^2]} = 3.3166$; somit $t_c = 5.1257$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Eine Division jedes komplexen Gewichts durch 2 würde die Differenz zwischen den zwei gepoolten Mittelwerten ausdrücken und die t -Statistik unverändert lassen, weil Schätzung und Standardfehler gemeinsam skaliert werden.

Rohe Kontrastschätzungen verwenden bei verschiedenen Gewichten verschiedene Skalen.

Vergleiche deshalb die formulierte Frage und die standardisierte Statistik, nicht nur den Betrag.

T08-A04-V10: Vier Rückmeldungspläne**Berechnung einrichten**

Beide Gewichtsvektoren summieren sich zu null und sind daher gültige Kontraste.

Der einfache Kontrast vergleicht Gruppe 2 mit Gruppe 1: $D_s = 4.0000$.

Berechnung durchführen

Sein Standardfehler ist $SE_s = \sqrt{(28/8)[(-1)^2 + 1^2]} = 2.6458$; damit $t_s = 4.0000/2.6458 = 1.5119$.

Der komplexe Kontrast vergleicht die Summe der Gruppen 3 und 4 mit der Summe der Gruppen 1 und 2: $D_c = 8.0000$.

Sein Standardfehler ist $SE_c = \sqrt{(28/8)[(-1)^2 + (-1)^2 + 1^2 + 1^2]} = 3.7417$; somit $t_c = 2.1381$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Eine Division jedes komplexen Gewichts durch 2 würde die Differenz zwischen den zwei gepoolten Mittelwerten ausdrücken und die t -Statistik unverändert lassen, weil Schätzung und Standardfehler gemeinsam skaliert werden.

Rohe Kontrastschätzungen verwenden bei verschiedenen Gewichten verschiedene Skalen.

Vergleiche deshalb die formulierte Frage und die standardisierte Statistik, nicht nur den Betrag.

A05: Alle paarweisen Vergleiche und Bonferroni-Schutz

T08-A05-V01: Alle Paare zwischen 3 Stufen

Berechnung einrichten

Die Anzahl verschiedener ungeordneter Paare ist $m = k(k-1)/2 = 3(3-1)/2 = 3$.

Bonferroni verwendet $\alpha_{test} = 0.05/3 = 0.0167$.

Berechnung durchführen

Wären alle 3 Tests unabhängig und verwendete jeder 0.05, wäre die Wahrscheinlichkeit mindestens eines Fehlers vom Typ I unter der vollständigen Nullhypothese $1 - (1 - 0.05)^3 = 0.1426$.

Tatsächliche paarweise Vergleiche teilen häufig Gruppen und sind deshalb abhängig.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Der letzte Ausdruck ist somit eine Veranschaulichung und nicht ihre allgemein exakte familienweise Fehlerrate.

Bonferroni verwendet eine obere Grenze für die Wahrscheinlichkeit einer Vereinigung von Fehlern und kontrolliert die Familie daher auch ohne Unabhängigkeit, kann aber konservativ sein.

T08-A05-V02: Alle Paare zwischen 4 Stufen

Berechnung einrichten

Die Anzahl verschiedener ungeordneter Paare ist $m = k(k-1)/2 = 4(4-1)/2 = 6$.

Bonferroni verwendet $\alpha_{test} = 0.05/6 = 0.0083$.

Berechnung durchführen

Wären alle 6 Tests unabhängig und verwendete jeder 0.05, wäre die Wahrscheinlichkeit mindestens eines Fehlers vom Typ I unter der vollständigen Nullhypothese $1 - (1 - 0.05)^6 = 0.2649$.

Tatsächliche paarweise Vergleiche teilen häufig Gruppen und sind deshalb abhängig.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Der letzte Ausdruck ist somit eine Veranschaulichung und nicht ihre allgemein exakte familienweise Fehlerrate.

Bonferroni verwendet eine obere Grenze für die Wahrscheinlichkeit einer Vereinigung von Fehlern und kontrolliert die Familie daher auch ohne Unabhängigkeit, kann aber konservativ sein.

T08-A05-V03: Alle Paare zwischen 5 Stufen

Berechnung einrichten

Die Anzahl verschiedener ungeordneter Paare ist $m = k(k-1)/2 = 5(5-1)/2 = 10$.

Bonferroni verwendet $\alpha_{test} = 0.05/10 = 0.0050$.

Berechnung durchführen

Wären alle 10 Tests unabhängig und verwendete jeder 0.05, wäre die Wahrscheinlichkeit mindestens eines Fehlers vom Typ I unter der vollständigen Nullhypothese $1 - (1 - 0.05)^{10} = 0.4013$.

Tatsächliche paarweise Vergleiche teilen häufig Gruppen und sind deshalb abhängig.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Der letzte Ausdruck ist somit eine Veranschaulichung und nicht ihre allgemein exakte familienweise Fehlerrate.

Bonferroni verwendet eine obere Grenze für die Wahrscheinlichkeit einer Vereinigung von Fehlern und kontrolliert die Familie daher auch ohne Unabhängigkeit, kann aber konservativ sein.

T08-A05-V04: Alle Paare zwischen 6 Stufen

Berechnung einrichten

Die Anzahl verschiedener ungeordneter Paare ist $m = k(k - 1)/2 = 6(6 - 1)/2 = 15$.

Bonferroni verwendet $\alpha_{test} = 0.05/15 = 0.0033$.

Berechnung durchführen

Wären alle 15 Tests unabhängig und verwendete jeder 0.05, wäre die Wahrscheinlichkeit mindestens eines Fehlers vom Typ I unter der vollständigen Nullhypothese $1 - (1 - 0.05)^{15} = 0.5367$.

Tatsächliche paarweise Vergleiche teilen häufig Gruppen und sind deshalb abhängig.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Der letzte Ausdruck ist somit eine Veranschaulichung und nicht ihre allgemein exakte familienweise Fehlerrate.

Bonferroni verwendet eine obere Grenze für die Wahrscheinlichkeit einer Vereinigung von Fehlern und kontrolliert die Familie daher auch ohne Unabhängigkeit, kann aber konservativ sein.

T08-A05-V05: Alle Paare zwischen 7 Stufen

Berechnung einrichten

Die Anzahl verschiedener ungeordneter Paare ist $m = k(k - 1)/2 = 7(7 - 1)/2 = 21$.

Bonferroni verwendet $\alpha_{test} = 0.05/21 = 0.0024$.

Berechnung durchführen

Wären alle 21 Tests unabhängig und verwendete jeder 0.05, wäre die Wahrscheinlichkeit mindestens eines Fehlers vom Typ I unter der vollständigen Nullhypothese $1 - (1 - 0.05)^{21} = 0.6594$.

Tatsächliche paarweise Vergleiche teilen häufig Gruppen und sind deshalb abhängig.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Der letzte Ausdruck ist somit eine Veranschaulichung und nicht ihre allgemein exakte familienweise Fehlerrate.

Bonferroni verwendet eine obere Grenze für die Wahrscheinlichkeit einer Vereinigung von Fehlern und kontrolliert die Familie daher auch ohne Unabhängigkeit, kann aber konservativ sein.

T08-A05-V06: Alle Paare zwischen 8 Stufen

Berechnung einrichten

Die Anzahl verschiedener ungeordneter Paare ist $m = k(k - 1)/2 = 8(8 - 1)/2 = 28$.

Bonferroni verwendet $\alpha_{test} = 0.05/28 = 0.0018$.

Berechnung durchführen

Wären alle 28 Tests unabhängig und verwendete jeder 0.05, wäre die Wahrscheinlichkeit mindestens eines Fehlers vom Typ I unter der vollständigen Nullhypothese $1 - (1 - 0.05)^{28} = 0.7622$.

Tatsächliche paarweise Vergleiche teilen häufig Gruppen und sind deshalb abhängig.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Der letzte Ausdruck ist somit eine Veranschaulichung und nicht ihre allgemein exakte familienweise Fehlerrate.

Bonferroni verwendet eine obere Grenze für die Wahrscheinlichkeit einer Vereinigung von Fehlern und kontrolliert die Familie daher auch ohne Unabhängigkeit, kann aber konservativ sein.

T08-A05-V07: Alle Paare zwischen 4 Stufen

Berechnung einrichten

Die Anzahl verschiedener ungeordneter Paare ist $m = k(k - 1)/2 = 4(4 - 1)/2 = 6$.

Bonferroni verwendet $\alpha_{test} = 0.05/6 = 0.0083$.

Berechnung durchführen

Wären alle 6 Tests unabhängig und verwendete jeder 0.05, wäre die Wahrscheinlichkeit mindestens eines Fehlers vom Typ I unter der vollständigen Nullhypothese $1 - (1 - 0.05)^6 = 0.2649$.

Tatsächliche paarweise Vergleiche teilen häufig Gruppen und sind deshalb abhängig.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Der letzte Ausdruck ist somit eine Veranschaulichung und nicht ihre allgemein exakte familienweise Fehlerrate.

Bonferroni verwendet eine obere Grenze für die Wahrscheinlichkeit einer Vereinigung von Fehlern und kontrolliert die Familie daher auch ohne Unabhängigkeit, kann aber konservativ sein.

T08-A05-V08: Alle Paare zwischen 5 Stufen

Berechnung einrichten

Die Anzahl verschiedener ungeordneter Paare ist $m = k(k - 1)/2 = 5(5 - 1)/2 = 10$.

Bonferroni verwendet $\alpha_{test} = 0.05/10 = 0.0050$.

Berechnung durchführen

Wären alle 10 Tests unabhängig und verwendete jeder 0.05, wäre die Wahrscheinlichkeit mindestens eines Fehlers vom Typ I unter der vollständigen Nullhypothese $1 - (1 - 0.05)^{10} = 0.4013$.

Tatsächliche paarweise Vergleiche teilen häufig Gruppen und sind deshalb abhängig.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Der letzte Ausdruck ist somit eine Veranschaulichung und nicht ihre allgemein exakte familienweise Fehlerrate.

Bonferroni verwendet eine obere Grenze für die Wahrscheinlichkeit einer Vereinigung von Fehlern und kontrolliert die Familie daher auch ohne Unabhängigkeit, kann aber konservativ sein.

T08-A05-V09: Alle Paare zwischen 6 Stufen

Berechnung einrichten

Die Anzahl verschiedener ungeordneter Paare ist $m = k(k - 1)/2 = 6(6 - 1)/2 = 15$.

Bonferroni verwendet $\alpha_{test} = 0.05/15 = 0.0033$.

Berechnung durchführen

Wären alle 15 Tests unabhängig und verwendete jeder 0.05, wäre die Wahrscheinlichkeit mindestens eines Fehlers vom Typ I unter der vollständigen Nullhypothese $1 - (1 - 0.05)^{15} = 0.5367$.

Tatsächliche paarweise Vergleiche teilen häufig Gruppen und sind deshalb abhängig.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Der letzte Ausdruck ist somit eine Veranschaulichung und nicht ihre allgemein exakte familienweise Fehlerrate.

Bonferroni verwendet eine obere Grenze für die Wahrscheinlichkeit einer Vereinigung von Fehlern und kontrolliert die Familie daher auch ohne Unabhängigkeit, kann aber konservativ sein.

T08-A05-V10: Alle Paare zwischen 7 Stufen

Berechnung einrichten

Die Anzahl verschiedener ungeordneter Paare ist $m = k(k - 1)/2 = 7(7 - 1)/2 = 21$.

Bonferroni verwendet $\alpha_{test} = 0.05/21 = 0.0024$.

Berechnung durchführen

Wären alle 21 Tests unabhängig und verwendete jeder 0.05, wäre die Wahrscheinlichkeit mindestens eines Fehlers vom Typ I unter der vollständigen Nullhypothese $1 - (1 - 0.05)^{21} = 0.6594$.

Tatsächliche paarweise Vergleiche teilen häufig Gruppen und sind deshalb abhängig.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Der letzte Ausdruck ist somit eine Veranschaulichung und nicht ihre allgemein exakte familienweise Fehlerrate.

Bonferroni verwendet eine obere Grenze für die Wahrscheinlichkeit einer Vereinigung von Fehlern und kontrolliert die Familie daher auch ohne Unabhängigkeit, kann aber konservativ sein.

A07: Ein vorab festgelegter Trendkontrast

T08-A07-V01: Übungssitzungen und Erinnerung

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Gewichte c_1 steigen auf jeder Stufe um eine Einheit. Ihre Skizze bildet deshalb eine gerade ansteigende Folge. Auch die Gewichte c_2 steigen in gleichen Schritten und sind um null zentriert. Die Gewichte c_3 vergleichen die zwei Endpunkte mit den zwei mittleren Stufen und stellen deshalb Krümmung statt eines linearen Trends dar.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Die Summen lauten $0 + 1 + 2 + 3 = 6$, $-3 - 1 + 1 + 3 = 0$ und $0.5 - 0.5 - 0.5 + 0.5 = 0$. Somit sind c_2 und c_3 Kontraste, aber nur c_2 ist der angegebene lineare Trendkontrast.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Das mittlere Gewicht von c_1 beträgt 1.5. Nach dem Abziehen entsteht $(-1.5, -0.5, 0.5, 1.5)$, genau die Hälfte von c_2 . Werden alle Kontrastgewichte mit derselben positiven Konstante multipliziert, ändern sich die numerischen Skalen von Schätzung und Standardfehler gemeinsam. Die geprüfte Richtung und die t -Statistik bleiben gleich.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Mit c_2 ist die gewichtete Schätzung $D = \sum c_i \bar{y}_i = 57.0000$. Wegen der balancierten Gruppen gilt $SE(D) = \sqrt{(MS_e/n) \sum c_i^2} = \sqrt{(25/10)(9 + 1 + 1 + 9)} = 7.0711$. Somit ist $t = 57.0000/7.0711 = 8.0610$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Weil $|8.0610|$ grösser als 2.028 ist, erfüllt der lineare Trend das zweiseitige 5%-Kriterium. Das positive Vorzeichen bedeutet, dass das gewichtete Muster über die geordneten Stufen tendenziell steigt. Das beweist weder gleiche benachbarte Veränderungen noch schliesst es Krümmung aus.

T08-A07-V02: Intensität der Erinnerungen und Antwort

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Gewichte c_1 steigen auf jeder Stufe um eine Einheit. Ihre Skizze bildet deshalb eine gerade ansteigende Folge. Auch die Gewichte c_2 steigen in gleichen Schritten und sind um null zentriert. Die Gewichte c_3 vergleichen die zwei Endpunkte mit den zwei mittleren Stufen und stellen deshalb Krümmung statt eines linearen Trends dar.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Die Summen lauten $0 + 1 + 2 + 3 = 6$, $-3 - 1 + 1 + 3 = 0$ und $0.5 - 0.5 - 0.5 + 0.5 = 0$. Somit sind c_2 und c_3 Kontraste, aber nur c_2 ist der angegebene lineare Trendkontrast.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Das mittlere Gewicht von c_1 beträgt 1.5. Nach dem Abziehen entsteht $(-1.5, -0.5, 0.5, 1.5)$, genau die Hälfte von c_2 . Werden alle Kontrastgewichte mit derselben positiven Konstante multipliziert, ändern sich die numerischen Skalen von Schätzung und Standardfehler gemeinsam. Die geprüfte Richtung und die t -Statistik bleiben gleich.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Mit c_2 ist die gewichtete Schätzung $D = \sum c_i \bar{y}_i = 36.0000$. Wegen der balancierten Gruppen gilt $SE(D) = \sqrt{(MS_e/n) \sum c_i^2} = \sqrt{(16/10)(9 + 1 + 1 + 9)} = 5.6569$. Somit ist $t = 36.0000/5.6569 = 6.3640$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Weil $|6.3640|$ grösser als 2.028 ist, erfüllt der lineare Trend das zweiseitige 5%-Kriterium. Das positive Vorzeichen bedeutet, dass das gewichtete Muster über die geordneten Stufen tendenziell steigt. Das beweist weder gleiche benachbarte Veränderungen noch schliesst es Krümmung aus.

T08-A07-V03: Leseunterstützung und Verständnis

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Gewichte c_1 steigen auf jeder Stufe um eine Einheit. Ihre Skizze bildet deshalb eine gerade ansteigende Folge. Auch die Gewichte c_2 steigen in gleichen Schritten und sind um null zentriert. Die Gewichte c_3 vergleichen die zwei Endpunkte mit den zwei mittleren Stufen und stellen deshalb Krümmung statt eines linearen Trends dar.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Die Summen lauten $0 + 1 + 2 + 3 = 6$, $-3 - 1 + 1 + 3 = 0$ und $0.5 - 0.5 - 0.5 + 0.5 = 0$. Somit sind c_2 und c_3 Kontraste, aber nur c_2 ist der angegebene lineare Trendkontrast.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Das mittlere Gewicht von c_1 beträgt 1.5. Nach dem Abziehen entsteht $(-1.5, -0.5, 0.5, 1.5)$, genau die Hälfte von c_2 . Werden alle Kontrastgewichte mit derselben positiven Konstante multipliziert, ändern sich die numerischen Skalen von Schätzung und Standardfehler gemeinsam. Die geprüfte Richtung und die t -Statistik bleiben gleich.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Mit c_2 ist die gewichtete Schätzung $D = \sum c_i \bar{y}_i = 40.0000$. Wegen der balancierten Gruppen gilt $SE(D) = \sqrt{(MS_e/n) \sum c_i^2} = \sqrt{(20/10)(9 + 1 + 1 + 9)} = 6.3246$. Somit ist $t = 40.0000/6.3246 = 6.3246$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Weil $|6.3246|$ grösser als 2.028 ist, erfüllt der lineare Trend das zweiseitige 5%-Kriterium. Das positive Vorzeichen bedeutet, dass das gewichtete Muster über die geordneten Stufen tendenziell steigt. Das beweist weder gleiche benachbarte Veränderungen noch schliesst es Krümmung aus.

T08-A07-V04: Archivbeispiele und Genauigkeit

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Gewichte c_1 steigen auf jeder Stufe um eine Einheit. Ihre Skizze bildet deshalb eine gerade ansteigende Folge. Auch die Gewichte c_2 steigen in gleichen Schritten und sind um null zentriert. Die Gewichte c_3 vergleichen die zwei Endpunkte mit den zwei mittleren Stufen und stellen deshalb Krümmung statt eines linearen Trends dar.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Die Summen lauten $0 + 1 + 2 + 3 = 6$, $-3 - 1 + 1 + 3 = 0$ und $0.5 - 0.5 - 0.5 + 0.5 = 0$. Somit sind c_2 und c_3 Kontraste, aber nur c_2 ist der angegebene lineare Trendkontrast.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Das mittlere Gewicht von c_1 beträgt 1.5. Nach dem Abziehen entsteht $(-1.5, -0.5, 0.5, 1.5)$, genau die Hälfte von c_2 . Werden alle Kontrastgewichte mit derselben positiven Konstante multipliziert, ändern sich die numerischen Skalen von Schätzung und Standardfehler gemeinsam. Die geprüfte Richtung und die t -Statistik bleiben gleich.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Mit c_2 ist die gewichtete Schätzung $D = \sum c_i \bar{y}_i = 31.0000$. Wegen der balancierten Gruppen gilt $SE(D) = \sqrt{(MS_e/n) \sum c_i^2} = \sqrt{(9/10)(9 + 1 + 1 + 9)} = 4.2426$. Somit ist $t = 31.0000/4.2426 = 7.3068$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Weil $|7.3068|$ grösser als 2.028 ist, erfüllt der lineare Trend das zweiseitige 5%-Kriterium. Das positive Vorzeichen bedeutet, dass das gewichtete Muster über die geordneten Stufen tendenziell steigt. Das beweist weder gleiche benachbarte Veränderungen noch schliesst es Krümmung aus.

T08-A07-V05: Routenübung und Selbstvertrauen

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Gewichte c_1 steigen auf jeder Stufe um eine Einheit. Ihre Skizze bildet deshalb eine gerade ansteigende Folge. Auch die Gewichte c_2 steigen in gleichen Schritten und sind um null zentriert. Die Gewichte c_3 vergleichen die zwei Endpunkte mit den zwei mittleren Stufen und stellen deshalb Krümmung statt eines linearen Trends dar.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Die Summen lauten $0 + 1 + 2 + 3 = 6$, $-3 - 1 + 1 + 3 = 0$ und $0.5 - 0.5 - 0.5 + 0.5 = 0$. Somit sind c_2 und c_3 Kontraste, aber nur c_2 ist der angegebene lineare Trendkontrast.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Das mittlere Gewicht von c_1 beträgt 1.5. Nach dem Abziehen entsteht $(-1.5, -0.5, 0.5, 1.5)$, genau die Hälfte von c_2 . Werden alle Kontrastgewichte mit derselben positiven Konstante multipliziert, ändern sich die numerischen Skalen von Schätzung und Standardfehler gemeinsam. Die geprüfte Richtung und die t -Statistik bleiben gleich.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Mit c_2 ist die gewichtete Schätzung $D = \sum c_i \bar{y}_i = 51.0000$. Wegen der balancierten Gruppen gilt $SE(D) = \sqrt{(MS_e/n) \sum c_i^2} = \sqrt{(24/10)(9 + 1 + 1 + 9)} = 6.9282$. Somit ist $t = 51.0000/6.9282 = 7.3612$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Weil $|7.3612|$ grösser als 2.028 ist, erfüllt der lineare Trend das zweiseitige 5%-Kriterium. Das positive Vorzeichen bedeutet, dass das gewichtete Muster über die geordneten Stufen tendenziell steigt. Das beweist weder gleiche benachbarte Veränderungen noch schliesst es Krümmung aus.

T08-A07-V06: Notizstruktur und logisches Denken

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Gewichte c_1 steigen auf jeder Stufe um eine Einheit. Ihre Skizze bildet deshalb eine gerade ansteigende Folge. Auch die Gewichte c_2 steigen in gleichen Schritten und sind um null zentriert. Die Gewichte c_3 vergleichen die zwei Endpunkte mit den zwei mittleren Stufen und stellen deshalb Krümmung statt eines linearen Trends dar.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Die Summen lauten $0 + 1 + 2 + 3 = 6$, $-3 - 1 + 1 + 3 = 0$ und $0.5 - 0.5 - 0.5 + 0.5 = 0$. Somit sind c_2 und c_3 Kontraste, aber nur c_2 ist der angegebene lineare Trendkontrast.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Das mittlere Gewicht von c_1 beträgt 1.5. Nach dem Abziehen entsteht $(-1.5, -0.5, 0.5, 1.5)$, genau die Hälfte von c_2 . Werden alle Kontrastgewichte mit derselben positiven Konstante multipliziert, ändern sich die numerischen Skalen von Schätzung und Standardfehler gemeinsam. Die geprüfte Richtung und die t -Statistik bleiben gleich.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Mit c_2 ist die gewichtete Schätzung $D = \sum c_i \bar{y}_i = 42.0000$. Wegen der balancierten Gruppen gilt $SE(D) = \sqrt{(MS_e/n) \sum c_i^2} = \sqrt{(18/10)(9 + 1 + 1 + 9)} = 6.0000$. Somit ist $t = 42.0000/6.0000 = 7.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Weil $|7.0000|$ grösser als 2.028 ist, erfüllt der lineare Trend das zweiseitige 5%-Kriterium. Das positive Vorzeichen bedeutet, dass das gewichtete Muster über die geordneten Stufen tendenziell steigt. Das beweist weder gleiche benachbarte Veränderungen noch schliesst es Krümmung aus.

T08-A07-V07: Häufigkeit der Rückmeldung und Überarbeitung

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Gewichte c_1 steigen auf jeder Stufe um eine Einheit. Ihre Skizze bildet deshalb eine gerade ansteigende Folge. Auch die Gewichte c_2 steigen in gleichen Schritten und sind um null zentriert. Die Gewichte c_3 vergleichen die zwei Endpunkte mit den zwei mittleren Stufen und stellen deshalb Krümmung statt eines linearen Trends dar.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Die Summen lauten $0 + 1 + 2 + 3 = 6$, $-3 - 1 + 1 + 3 = 0$ und $0.5 - 0.5 - 0.5 + 0.5 = 0$. Somit sind c_2 und c_3 Kontraste, aber nur c_2 ist der angegebene lineare Trendkontrast.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Das mittlere Gewicht von c_1 beträgt 1.5. Nach dem Abziehen entsteht $(-1.5, -0.5, 0.5, 1.5)$, genau die Hälfte von c_2 . Werden alle Kontrastgewichte mit derselben positiven Konstante multipliziert, ändern sich die numerischen Skalen von Schätzung und Standardfehler gemeinsam. Die geprüfte Richtung und die t -Statistik bleiben gleich.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Mit c_2 ist die gewichtete Schätzung $D = \sum c_i \bar{y}_i = 31.0000$. Wegen der balancierten Gruppen gilt $SE(D) = \sqrt{(MS_e/n) \sum c_i^2} = \sqrt{(22/10)(9 + 1 + 1 + 9)} = 6.6332$. Somit ist $t = 31.0000/6.6332 = 4.6734$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Weil $|4.6734|$ grösser als 2.028 ist, erfüllt der lineare Trend das zweiseitige 5%-Kriterium. Das positive Vorzeichen bedeutet, dass das gewichtete Muster über die geordneten Stufen tendenziell steigt. Das beweist weder gleiche benachbarte Veränderungen noch schliesst es Krümmung aus.

T08-A07-V08: Umgebungsgeräusche und Konzentration

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Gewichte c_1 steigen auf jeder Stufe um eine Einheit. Ihre Skizze bildet deshalb eine gerade ansteigende Folge. Auch die Gewichte c_2 steigen in gleichen Schritten und sind um null zentriert. Die Gewichte c_3 vergleichen die zwei Endpunkte mit den zwei mittleren Stufen und stellen deshalb Krümmung statt eines linearen Trends dar.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Die Summen lauten $0 + 1 + 2 + 3 = 6$, $-3 - 1 + 1 + 3 = 0$ und $0.5 - 0.5 - 0.5 + 0.5 = 0$. Somit sind c_2 und c_3 Kontraste, aber nur c_2 ist der angegebene lineare Trendkontrast.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Das mittlere Gewicht von c_1 beträgt 1.5. Nach dem Abziehen entsteht $(-1.5, -0.5, 0.5, 1.5)$, genau die Hälfte von c_2 . Werden alle Kontrastgewichte mit derselben positiven Konstante multipliziert, ändern sich die numerischen Skalen von Schätzung und Standardfehler gemeinsam. Die geprüfte Richtung und die t -Statistik bleiben gleich.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Mit c_2 ist die gewichtete Schätzung $D = \sum c_i \bar{y}_i = -39.0000$. Wegen der balancierten Gruppen gilt $SE(D) = \sqrt{(MS_e/n) \sum c_i^2} = \sqrt{(16/10)(9 + 1 + 1 + 9)} = 5.6569$. Somit ist $t = -39.0000/5.6569 = -6.8943$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Weil $|-6.8943|$ grösser als 2.028 ist, erfüllt der lineare Trend das zweiseitige 5%-Kriterium. Das negative Vorzeichen bedeutet, dass das gewichtete Muster über die geordneten Stufen tendenziell fällt. Das beweist weder gleiche benachbarte Veränderungen noch schliesst es Krümmung aus.

T08-A07-V09: Navigationsunterstützung und Fehler

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Gewichte c_1 steigen auf jeder Stufe um eine Einheit. Ihre Skizze bildet deshalb eine gerade ansteigende Folge. Auch die Gewichte c_2 steigen in gleichen Schritten und sind um null zentriert. Die Gewichte c_3 vergleichen die zwei Endpunkte mit den zwei mittleren Stufen und stellen deshalb Krümmung statt eines linearen Trends dar.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Die Summen lauten $0 + 1 + 2 + 3 = 6$, $-3 - 1 + 1 + 3 = 0$ und $0.5 - 0.5 - 0.5 + 0.5 = 0$. Somit sind c_2 und c_3 Kontraste, aber nur c_2 ist der angegebene lineare Trendkontrast.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Das mittlere Gewicht von c_1 beträgt 1.5. Nach dem Abziehen entsteht $(-1.5, -0.5, 0.5, 1.5)$, genau die Hälfte von c_2 . Werden alle Kontrastgewichte mit derselben positiven Konstante multipliziert, ändern sich die numerischen Skalen von Schätzung und Standardfehler gemeinsam. Die geprüfte Richtung und die t -Statistik bleiben gleich.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Mit c_2 ist die gewichtete Schätzung $D = \sum c_i \bar{y}_i = -37.0000$. Wegen der balancierten Gruppen gilt $SE(D) = \sqrt{(MS_e/n) \sum c_i^2} = \sqrt{(12/10)(9 + 1 + 1 + 9)} = 4.8990$. Somit ist $t = -37.0000/4.8990 = -7.5526$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Weil $|-7.5526|$ grösser als 2.028 ist, erfüllt der lineare Trend das zweiseitige 5%-Kriterium. Das negative Vorzeichen bedeutet, dass das gewichtete Muster über die geordneten Stufen tendenziell fällt. Das beweist weder gleiche benachbarte Veränderungen noch schliesst es Krümmung aus.

T08-A07-V10: Verzögerung der Rückmeldung und Behalten

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Gewichte c_1 steigen auf jeder Stufe um eine Einheit. Ihre Skizze bildet deshalb eine gerade ansteigende Folge. Auch die Gewichte c_2 steigen in gleichen Schritten und sind um null zentriert. Die Gewichte c_3 vergleichen die zwei Endpunkte mit den zwei mittleren Stufen und stellen deshalb Krümmung statt eines linearen Trends dar.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Die Summen lauten $0 + 1 + 2 + 3 = 6$, $-3 - 1 + 1 + 3 = 0$ und $0.5 - 0.5 - 0.5 + 0.5 = 0$. Somit sind c_2 und c_3 Kontraste, aber nur c_2 ist der angegebene lineare Trendkontrast.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Das mittlere Gewicht von c_1 beträgt 1.5. Nach dem Abziehen entsteht $(-1.5, -0.5, 0.5, 1.5)$, genau die Hälfte von c_2 . Werden alle Kontrastgewichte mit derselben positiven Konstante multipliziert, ändern sich die numerischen Skalen von Schätzung und Standardfehler gemeinsam. Die geprüfte Richtung und die t -Statistik bleiben gleich.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Mit c_2 ist die gewichtete Schätzung $D = \sum c_i \bar{y}_i = -40.0000$. Wegen der balancierten Gruppen gilt $SE(D) = \sqrt{(MS_e/n) \sum c_i^2} = \sqrt{(20/10)(9 + 1 + 1 + 9)} = 6.3246$. Somit ist $t = -40.0000/6.3246 = -6.3246$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Weil $|-6.3246|$ grösser als 2.028 ist, erfüllt der lineare Trend das zweiseitige 5%-Kriterium. Das negative Vorzeichen bedeutet, dass das gewichtete Muster über die geordneten Stufen tendenziell fällt. Das beweist weder gleiche benachbarte Veränderungen noch schliesst es Krümmung aus.

A08: Zellmittelwerte, Randmittelwerte und Interaktion in einer zweifaktoriellen ANOVA

T08-A08-V01: Untertitel und Üben

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Randmittelwerte von Faktor A sind (65.0000, 73.0000); die Randmittelwerte von Faktor B sind (66.0000, 72.0000); der Gesamtmittelwert ist 69.0000.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Der A-Haupteffekt vergleicht seine zwei Randmittelwerte, der B-Haupteffekt die seinen. Die Veränderung über Faktor B ist bei beiden Stufen von Faktor A gleich; diese Zellmittelwerte zeigen daher keine Interaktion.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Die drei Nullhypothesen lauten: kein A-Haupteffekt in der Population, kein B-Haupteffekt in der Population und keine $A \times B$ -Interaktion in der Population.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Die Berechnungen des balancierten Designs ergeben $SS_A = 384.0000$, $SS_B = 216.0000$ und $SS_{AB} = 0.0000$. Mit $df_A = df_B = df_{AB} = 1$ und $df_e = 4(6 - 1) = 20$ gilt $SS_e = MS_e df_e = 16(20) = 320.0000$. Deshalb $F_A = 24.0000$, $F_B = 13.5000$ und $F_{AB} = 0.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Zeichne die Stufe A_0 von Faktor A durch die Koordinaten $(B_0, 62.0000)$ und $(B_1, 68.0000)$. Zeichne A_1 durch $(B_0, 70.0000)$ und $(B_1, 76.0000)$. Die beiden Veränderungen sind gleich, daher sind die Linien parallel und das

Diagramm zeigt keine Interaktion. Haupteffekte fassen Randmittelwerte zusammen; eine Interaktion fragt, ob sich das Muster eines Faktors über den anderen verändert.

T08-A08-V02: Karte und Routenübung

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Randmittelwerte von Faktor A sind (57.0000, 64.0000); die Randmittelwerte von Faktor B sind (56.0000, 65.0000); der Gesamtmittelwert ist 60.5000.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Der A-Haupteffekt vergleicht seine zwei Randmittelwerte, der B-Haupteffekt die seinen. Die Veränderung über Faktor B unterscheidet sich zwischen den zwei Stufen von Faktor A; das Zellmuster enthält daher eine Interaktion.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Die drei Nullhypothesen lauten: kein A-Haupteffekt in der Population, kein B-Haupteffekt in der Population und keine $A \times B$ -Interaktion in der Population.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Die Berechnungen des balancierten Designs ergeben $SS_A = 294.0000$, $SS_B = 486.0000$ und $SS_{AB} = 54.0000$. Mit $df_A = df_B = df_{AB} = 1$ und $df_e = 4(6 - 1) = 20$ gilt $SS_e = MS_e df_e = 20(20) = 400.0000$. Deshalb $F_A = 14.7000$, $F_B = 24.3000$ und $F_{AB} = 2.7000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Zeichne die Stufe A_0 von Faktor A durch die Koordinaten $(B_0, 54.0000)$ und $(B_1, 60.0000)$. Zeichne A_1 durch $(B_0, 58.0000)$ und $(B_1, 70.0000)$. Die beiden Veränderungen unterscheiden sich, daher sind die Linien nicht parallel und das Diagramm zeigt die Interaktion. Haupteffekte fassen Randmittelwerte zusammen; eine Interaktion fragt, ob sich das Muster eines Faktors über den anderen verändert.

T08-A08-V03: Ruhiger Raum und Checkliste

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Randmittelwerte von Faktor A sind (68.0000, 72.0000); die Randmittelwerte von Faktor B sind (67.0000, 73.0000); der Gesamtmittelwert ist 70.0000.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Der A-Haupteffekt vergleicht seine zwei Randmittelwerte, der B-Haupteffekt die seinen. Die Veränderung über Faktor B ist bei beiden Stufen von Faktor A gleich; diese Zellmittelwerte zeigen daher keine Interaktion.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Die drei Nullhypothesen lauten: kein A-Haupteffekt in der Population, kein B-Haupteffekt in der Population und keine $A \times B$ -Interaktion in der Population.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Die Berechnungen des balancierten Designs ergeben $SS_A = 96.0000$, $SS_B = 216.0000$ und $SS_{AB} = 0.0000$. Mit $df_A = df_B = df_{AB} = 1$ und $df_e = 4(6 - 1) = 20$ gilt $SS_e = MS_e df_e = 18(20) = 360.0000$. Deshalb $F_A = 5.3333$, $F_B = 12.0000$ und $F_{AB} = 0.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Zeichne die Stufe A_0 von Faktor A durch die Koordinaten $(B_0, 65.0000)$ und $(B_1, 71.0000)$. Zeichne A_1 durch $(B_0, 69.0000)$ und $(B_1, 75.0000)$. Die beiden Veränderungen sind gleich, daher sind die Linien parallel und das Diagramm zeigt keine Interaktion. Haupteffekte fassen Randmittelwerte zusammen; eine Interaktion fragt, ob sich das Muster eines Faktors über den anderen verändert.

T08-A08-V04: Hinweis und Rückmeldung**Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)**

Die Randmittelwerte von Faktor A sind (54.5000, 58.5000); die Randmittelwerte von Faktor B sind (53.0000, 60.0000); der Gesamtmittelwert ist 56.5000.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Der A-Haupteffekt vergleicht seine zwei Randmittelwerte, der B-Haupteffekt die seinen. Die Veränderung über Faktor B unterscheidet sich zwischen den zwei Stufen von Faktor A; das Zellmuster enthält daher eine Interaktion.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Die drei Nullhypothesen lauten: kein A-Haupteffekt in der Population, kein B-Haupteffekt in der Population und keine $A \times B$ -Interaktion in der Population.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Die Berechnungen des balancierten Designs ergeben $SS_A = 96.0000$, $SS_B = 294.0000$ und $SS_{AB} = 24.0000$. Mit $df_A = df_B = df_{AB} = 1$ und $df_e = 4(6 - 1) = 20$ gilt $SS_e = MS_e df_e = 15(20) = 300.0000$. Deshalb $F_A = 6.4000$, $F_B = 19.6000$ und $F_{AB} = 1.6000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Zeichne die Stufe A_0 von Faktor A durch die Koordinaten $(B_0, 50.0000)$ und $(B_1, 59.0000)$. Zeichne A_1 durch $(B_0, 56.0000)$ und $(B_1, 61.0000)$. Die beiden Veränderungen unterscheiden sich, daher sind die Linien nicht parallel und das Diagramm zeigt die Interaktion. Haupteffekte fassen Randmittelwerte zusammen; eine Interaktion fragt, ob sich das Muster eines Faktors über den anderen verändert.

T08-A08-V05: Symbole und Beispiele**Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)**

Die Randmittelwerte von Faktor A sind (73.0000, 79.5000); die Randmittelwerte von Faktor B sind (74.0000, 78.5000); der Gesamtmittelwert ist 76.2500.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Der A-Haupteffekt vergleicht seine zwei Randmittelwerte, der B-Haupteffekt die seinen. Die Veränderung über Faktor B unterscheidet sich zwischen den zwei Stufen von Faktor A; das Zellmuster enthält daher eine Interaktion.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Die drei Nullhypothesen lauten: kein A-Haupteffekt in der Population, kein B-Haupteffekt in der Population und keine $A \times B$ -Interaktion in der Population.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Die Berechnungen des balancierten Designs ergeben $SS_A = 253.5000$, $SS_B = 121.5000$ und $SS_{AB} = 37.5000$. Mit $df_A = df_B = df_{AB} = 1$ und $df_e = 4(6 - 1) = 20$ gilt $SS_e = MS_e df_e = 24(20) = 480.0000$. Deshalb $F_A = 10.5625$, $F_B = 5.0625$ und $F_{AB} = 1.5625$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Zeichne die Stufe A_0 von Faktor A durch die Koordinaten $(B_0, 72.0000)$ und $(B_1, 74.0000)$. Zeichne A_1 durch $(B_0, 76.0000)$ und $(B_1, 83.0000)$. Die beiden Veränderungen unterscheiden sich, daher sind die Linien nicht parallel und das Diagramm zeigt die Interaktion. Haupteffekte fassen Randmittelwerte zusammen; eine Interaktion fragt, ob sich das Muster eines Faktors über den anderen verändert.

T08-A08-V06: Planung und Selbsttest**Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)**

Die Randmittelwerte von Faktor A sind (63.5000, 72.0000); die Randmittelwerte von Faktor B sind (63.0000, 72.5000); der Gesamtmittelwert ist 67.7500.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Der A-Haupteffekt vergleicht seine zwei Randmittelwerte, der B-Haupteffekt die seinen. Die Veränderung über Faktor B unterscheidet sich zwischen den zwei Stufen von Faktor A; das Zellmuster enthält daher eine Interaktion.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Die drei Nullhypothesen lauten: kein A-Haupteffekt in der Population, kein B-Haupteffekt in der Population und keine $A \times B$ -Interaktion in der Population.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Die Berechnungen des balancierten Designs ergeben $SS_A = 433.5000$, $SS_B = 541.5000$ und $SS_{AB} = 37.5000$. Mit $df_A = df_B = df_{AB} = 1$ und $df_e = 4(6 - 1) = 20$ gilt $SS_e = MS_e df_e = 21(20) = 420.0000$. Deshalb $F_A = 20.6429$, $F_B = 25.7857$ und $F_{AB} = 1.7857$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Zeichne die Stufe A_0 von Faktor A durch die Koordinaten $(B_0, 60.0000)$ und $(B_1, 67.0000)$. Zeichne A_1 durch $(B_0, 66.0000)$ und $(B_1, 78.0000)$. Die beiden Veränderungen unterscheiden sich, daher sind die Linien nicht parallel und das Diagramm zeigt die Interaktion. Haupteffekte fassen Randmittelwerte zusammen; eine Interaktion fragt, ob sich das Muster eines Faktors über den anderen verändert.

T08-A08-V07: Beleuchtung und Hintergrundgeräusche

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Randmittelwerte von Faktor A sind (70.5000, 67.5000); die Randmittelwerte von Faktor B sind (72.0000, 66.0000); der Gesamtmittelwert ist 69.0000.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Der A-Haupteffekt vergleicht seine zwei Randmittelwerte, der B-Haupteffekt die seinen. Die Veränderung über Faktor B unterscheidet sich zwischen den zwei Stufen von Faktor A; das Zellmuster enthält daher eine Interaktion.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Die drei Nullhypothesen lauten: kein A-Haupteffekt in der Population, kein B-Haupteffekt in der Population und keine $A \times B$ -Interaktion in der Population.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Die Berechnungen des balancierten Designs ergeben $SS_A = 54.0000$, $SS_B = 216.0000$ und $SS_{AB} = 6.0000$. Mit $df_A = df_B = df_{AB} = 1$ und $df_e = 4(6 - 1) = 20$ gilt $SS_e = MS_e df_e = 17(20) = 340.0000$. Deshalb $F_A = 3.1765$, $F_B = 12.7059$ und $F_{AB} = 0.3529$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Zeichne die Stufe A_0 von Faktor A durch die Koordinaten $(B_0, 74.0000)$ und $(B_1, 67.0000)$. Zeichne A_1 durch $(B_0, 70.0000)$ und $(B_1, 65.0000)$. Die beiden Veränderungen unterscheiden sich, daher sind die Linien nicht parallel und das Diagramm zeigt die Interaktion. Haupteffekte fassen Randmittelwerte zusammen; eine Interaktion fragt, ob sich das Muster eines Faktors über den anderen verändert.

T08-A08-V08: Orientierung und Beschilderung

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Die Randmittelwerte von Faktor A sind (51.5000, 63.5000); die Randmittelwerte von Faktor B sind (53.5000, 61.5000); der Gesamtmittelwert ist 57.5000.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Der A-Haupteffekt vergleicht seine zwei Randmittelwerte, der B-Haupteffekt die seinen. Die Veränderung über Faktor B unterscheidet sich zwischen den zwei Stufen von Faktor A; das Zellmuster enthält daher eine Interaktion.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Die drei Nullhypothesen lauten: kein A-Haupteffekt in der Population, kein B-Haupteffekt in der Population und keine $A \times B$ -Interaktion in der Population.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Die Berechnungen des balancierten Designs ergeben $SS_A = 864.0000$, $SS_B = 384.0000$ und $SS_{AB} = 6.0000$. Mit $df_A = df_B = df_{AB} = 1$ und $df_e = 4(6 - 1) = 20$ gilt $SS_e = MS_e df_e = 19(20) = 380.0000$. Deshalb $F_A = 45.4737$, $F_B = 20.2105$ und $F_{AB} = 0.3158$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Zeichne die Stufe A_0 von Faktor A durch die Koordinaten $(B_0, 48.0000)$ und $(B_1, 55.0000)$. Zeichne A_1 durch $(B_0, 59.0000)$ und $(B_1, 68.0000)$. Die beiden Veränderungen unterscheiden sich, daher sind die Linien nicht parallel und das Diagramm zeigt die Interaktion. Haupteffekte fassen Randmittelwerte zusammen; eine Interaktion fragt, ob sich das Muster eines Faktors über den anderen verändert.

T08-A08-V09: Zeitliche Verteilung und Abrufhinweise**Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)**

Die Randmittelwerte von Faktor A sind (68.0000, 74.5000); die Randmittelwerte von Faktor B sind (66.5000, 76.0000); der Gesamtmittelwert ist 71.2500.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Der A-Haupteffekt vergleicht seine zwei Randmittelwerte, der B-Haupteffekt die seinen. Die Veränderung über Faktor B unterscheidet sich zwischen den zwei Stufen von Faktor A; das Zellmuster enthält daher eine Interaktion.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Die drei Nullhypothesen lauten: kein A-Haupteffekt in der Population, kein B-Haupteffekt in der Population und keine $A \times B$ -Interaktion in der Population.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Die Berechnungen des balancierten Designs ergeben $SS_A = 253.5000$, $SS_B = 541.5000$ und $SS_{AB} = 13.5000$. Mit $df_A = df_B = df_{AB} = 1$ und $df_e = 4(6 - 1) = 20$ gilt $SS_e = MS_e df_e = 23(20) = 460.0000$. Deshalb $F_A = 11.0217$, $F_B = 23.5435$ und $F_{AB} = 0.5870$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Zeichne die Stufe A_0 von Faktor A durch die Koordinaten $(B_0, 64.0000)$ und $(B_1, 72.0000)$. Zeichne A_1 durch $(B_0, 69.0000)$ und $(B_1, 80.0000)$. Die beiden Veränderungen unterscheiden sich, daher sind die Linien nicht parallel und das Diagramm zeigt die Interaktion. Haupteffekte fassen Randmittelwerte zusammen; eine Interaktion fragt, ob sich das Muster eines Faktors über den anderen verändert.

T08-A08-V10: Vorlage und Peer-Review**Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)**

Die Randmittelwerte von Faktor A sind (61.5000, 68.5000); die Randmittelwerte von Faktor B sind (60.0000, 70.0000); der Gesamtmittelwert ist 65.0000.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Der A-Haupteffekt vergleicht seine zwei Randmittelwerte, der B-Haupteffekt die seinen. Die Veränderung über Faktor B unterscheidet sich zwischen den zwei Stufen von Faktor A; das Zellmuster enthält daher eine Interaktion.

Berechnung durchführen, Teil (c)

Die drei Nullhypothesen lauten: kein A-Haupteffekt in der Population, kein B-Haupteffekt in der Population und keine $A \times B$ -Interaktion in der Population.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Die Berechnungen des balancierten Designs ergeben $SS_A = 294.0000$, $SS_B = 600.0000$ und $SS_{AB} = 6.0000$. Mit $df_A = df_B = df_{AB} = 1$ und $df_e = 4(6 - 1) = 20$ gilt $SS_e = MS_e df_e = 20(20) = 400.0000$. Deshalb $F_A = 14.7000$, $F_B = 30.0000$ und $F_{AB} = 0.3000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Zeichne die Stufe A_0 von Faktor A durch die Koordinaten $(B_0, 57.0000)$ und $(B_1, 66.0000)$. Zeichne A_1 durch $(B_0, 63.0000)$ und $(B_1, 74.0000)$. Die beiden Veränderungen unterscheiden sich, daher sind die Linien nicht parallel und das Diagramm zeigt die Interaktion. Haupteffekte fassen Randmittelwerte zusammen; eine Interaktion fragt, ob sich das Muster eines Faktors über den anderen verändert.

A09: Feste und zufällige Faktoren, Varianzkomponenten und ICC

T08-A09-V01: Bibliotheken aus einer regionalen Population

Vor dem Rechnen begründen

Die Stufen des Faktors «Bibliothek» wurden gezogen, um eine grössere Population möglicher Stufen darzustellen; bei einer Wiederholung könnten neue Stufen gezogen werden.

Dagegen bezeichnet der feste Faktor «drei bewusst ausgewählte Oberflächendesigns» genau die ausgewählten interessierenden Bedingungen.

Berechnung durchführen

Das Ziel des Zufallsfaktors ist die Variation in seiner Population von Stufen und nicht eine Liste paarweiser Unterschiede nur zwischen den gezogenen Bezeichnungen.

In diesem balancierten einfaktoriellen Modell ist $\hat{\sigma}_A^2 = (MS_A - MS_e)/n = (18 - 6)/5 = 2.4000$ und $\hat{\sigma}_e^2 = MS_e = 6.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $ICC = 2.4000/[2.4000 + 6.0000] = 0.2857$.

Das Modell ordnet ungefähr 28.6% seiner Varianz Unterschieden zwischen zufällig gezogenen Stufen des Faktors «Bibliothek» zu.

Diese Gleichung hängt von einer balancierten einfaktoriellen Zufallsfaktorstruktur ab; gekreuzte, verschachtelte, wiederholte oder unbalancierte Designs können andere Komponenten und Nenner verlangen.

T08-A09-V02: Schulen aus einem Bezirk

Vor dem Rechnen begründen

Die Stufen des Faktors «Schule» wurden gezogen, um eine grössere Population möglicher Stufen darzustellen; bei einer Wiederholung könnten neue Stufen gezogen werden.

Dagegen bezeichnet der feste Faktor «zwei benannte Unterrichtsprogramme» genau die ausgewählten interessierenden Bedingungen.

Berechnung durchführen

Das Ziel des Zufallsfaktors ist die Variation in seiner Population von Stufen und nicht eine Liste paarweiser Unterschiede nur zwischen den gezogenen Bezeichnungen.

In diesem balancierten einfaktoriellen Modell ist $\hat{\sigma}_A^2 = (MS_A - MS_e)/n = (20 - 5)/6 = 2.5000$ und $\hat{\sigma}_e^2 = MS_e = 5.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $ICC = 2.5000/[2.5000 + 5.0000] = 0.3333$.

Das Modell ordnet ungefähr 33.3% seiner Varianz Unterschieden zwischen zufällig gezogenen Stufen des Faktors «Schule» zu.

Diese Gleichung hängt von einer balancierten einfaktoriellen Zufallsfaktorstruktur ab; gekreuzte, verschachtelte, wiederholte oder unbalancierte Designs können andere Komponenten und Nenner verlangen.

T08-A09-V03: Befragende Personen aus einem geschulten Pool

Vor dem Rechnen begründen

Die Stufen des Faktors «befragende Person» wurden gezogen, um eine grössere Population möglicher Stufen darzustellen; bei einer Wiederholung könnten neue Stufen gezogen werden.

Dagegen bezeichnet der feste Faktor «drei feste Fragebogenversionen» genau die ausgewählten interessierenden Bedingungen.

Berechnung durchführen

Das Ziel des Zufallsfaktors ist die Variation in seiner Population von Stufen und nicht eine Liste paarweiser Unterschiede nur zwischen den gezogenen Bezeichnungen.

In diesem balancierten einfaktoriellen Modell ist $\hat{\sigma}_A^2 = (MS_A - MS_e)/n = (15 - 7)/4 = 2.0000$ und $\hat{\sigma}_e^2 = MS_e = 7.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $ICC = 2.0000/[2.0000 + 7.0000] = 0.2222$.

Das Modell ordnet ungefähr 22.2% seiner Varianz Unterschieden zwischen zufällig gezogenen Stufen des Faktors «befragende Person» zu.

Diese Gleichung hängt von einer balancierten einfaktoriellen Zufallsfaktorstruktur ab; gekreuzte, verschachtelte, wiederholte oder unbalancierte Designs können andere Komponenten und Nenner verlangen.

T08-A09-V04: Quartiere aus einer Stadt

Vor dem Rechnen begründen

Die Stufen des Faktors «Quartier» wurden gezogen, um eine grössere Population möglicher Stufen darzustellen; bei einer Wiederholung könnten neue Stufen gezogen werden.

Dagegen bezeichnet der feste Faktor «zwei ausgewählte Informationsbotschaften» genau die ausgewählten interessierenden Bedingungen.

Berechnung durchführen

Das Ziel des Zufallsfaktors ist die Variation in seiner Population von Stufen und nicht eine Liste paarweiser Unterschiede nur zwischen den gezogenen Bezeichnungen.

In diesem balancierten einfaktoriellen Modell ist $\hat{\sigma}_A^2 = (MS_A - MS_e)/n = (24 - 8)/8 = 2.0000$ und $\hat{\sigma}_e^2 = MS_e = 8.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $ICC = 2.0000/[2.0000 + 8.0000] = 0.2000$.

Das Modell ordnet ungefähr 20.0% seiner Varianz Unterschieden zwischen zufällig gezogenen Stufen des Faktors «Quartier» zu.

Diese Gleichung hängt von einer balancierten einfaktoriellen Zufallsfaktorstruktur ab; gekreuzte, verschachtelte, wiederholte oder unbalancierte Designs können andere Komponenten und Nenner verlangen.

T08-A09-V05: Museumsführende aus der Personalliste

Vor dem Rechnen begründen

Die Stufen des Faktors «Führungsperson» wurden gezogen, um eine grössere Population möglicher Stufen darzustellen; bei einer Wiederholung könnten neue Stufen gezogen werden.

Dagegen bezeichnet der feste Faktor «vier feste Führungsskripte» genau die ausgewählten interessierenden Bedingungen.

Berechnung durchführen

Das Ziel des Zufallsfaktors ist die Variation in seiner Population von Stufen und nicht eine Liste paarweiser Unterschiede nur zwischen den gezogenen Bezeichnungen.

In diesem balancierten einfaktoriellen Modell ist $\hat{\sigma}_A^2 = (MS_A - MS_e)/n = (21 - 6)/5 = 3.0000$ und $\hat{\sigma}_e^2 = MS_e = 6.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $ICC = 3.0000/[3.0000 + 6.0000] = 0.3333$.

Das Modell ordnet ungefähr 33.3% seiner Varianz Unterschieden zwischen zufällig gezogenen Stufen des Faktors «Führungsperson» zu.

Diese Gleichung hängt von einer balancierten einfaktoriellen Zufallsfaktorstruktur ab; gekreuzte, verschachtelte, wiederholte oder unbalancierte Designs können andere Komponenten und Nenner verlangen.

T08-A09-V06: Archivboxen aus einer Sammlung

Vor dem Rechnen begründen

Die Stufen des Faktors «Archivbox» wurden gezogen, um eine grössere Population möglicher Stufen darzustellen; bei einer Wiederholung könnten neue Stufen gezogen werden.

Dagegen bezeichnet der feste Faktor «drei ausgewählte Scaneinstellungen» genau die ausgewählten interessierenden Bedingungen.

Berechnung durchführen

Das Ziel des Zufallsfaktors ist die Variation in seiner Population von Stufen und nicht eine Liste paarweiser Unterschiede nur zwischen den gezogenen Bezeichnungen.

In diesem balancierten einfaktoriellen Modell ist $\hat{\sigma}_A^2 = (MS_A - MS_e)/n = (19 - 5)/7 = 2.0000$ und $\hat{\sigma}_e^2 = MS_e = 5.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $ICC = 2.0000/[2.0000 + 5.0000] = 0.2857$.

Das Modell ordnet ungefähr 28.6% seiner Varianz Unterschieden zwischen zufällig gezogenen Stufen des Faktors «Archivbox» zu.

Diese Gleichung hängt von einer balancierten einfaktoriellen Zufallsfaktorstruktur ab; gekreuzte, verschachtelte, wiederholte oder unbalancierte Designs können andere Komponenten und Nenner verlangen.

T08-A09-V07: Tutoriumsgruppen aus einem Studienprogramm

Vor dem Rechnen begründen

Die Stufen des Faktors «Tutoriumsgruppe» wurden gezogen, um eine grössere Population möglicher Stufen darzustellen; bei einer Wiederholung könnten neue Stufen gezogen werden.

Dagegen bezeichnet der feste Faktor «zwei feste Übungspläne» genau die ausgewählten interessierenden Bedingungen.

Berechnung durchführen

Das Ziel des Zufallsfaktors ist die Variation in seiner Population von Stufen und nicht eine Liste paarweiser Unterschiede nur zwischen den gezogenen Bezeichnungen.

In diesem balancierten einfaktoriellen Modell ist $\hat{\sigma}_A^2 = (MS_A - MS_e)/n = (17 - 7)/6 = 1.6667$ und $\hat{\sigma}_e^2 = MS_e = 7.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $ICC = 1.6667/[1.6667 + 7.0000] = 0.1923$.

Das Modell ordnet ungefähr 19.2% seiner Varianz Unterschieden zwischen zufällig gezogenen Stufen des Faktors «Tutoriumsgruppe» zu.

Diese Gleichung hängt von einer balancierten einfaktoriellen Zufallsfaktorstruktur ab; gekreuzte, verschachtelte, wiederholte oder unbalancierte Designs können andere Komponenten und Nenner verlangen.

T08-A09-V08: Routen aus einem Verkehrsnetz

Vor dem Rechnen begründen

Die Stufen des Faktors «Route» wurden gezogen, um eine grössere Population möglicher Stufen darzustellen; bei einer Wiederholung könnten neue Stufen gezogen werden.

Dagegen bezeichnet der feste Faktor «drei ausgewählte Beschilderungsdesigns» genau die ausgewählten interessierenden Bedingungen.

Berechnung durchführen

Das Ziel des Zufallsfaktors ist die Variation in seiner Population von Stufen und nicht eine Liste paarweiser Unterschiede nur zwischen den gezogenen Bezeichnungen.

In diesem balancierten einfaktoriellen Modell ist $\hat{\sigma}_A^2 = (MS_A - MS_e)/n = (27 - 9)/9 = 2.0000$ und $\hat{\sigma}_e^2 = MS_e = 9.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $ICC = 2.0000/[2.0000 + 9.0000] = 0.1818$.

Das Modell ordnet ungefähr 18.2% seiner Varianz Unterschieden zwischen zufällig gezogenen Stufen des Faktors «Route» zu.

Diese Gleichung hängt von einer balancierten einfaktoriellen Zufallsfaktorstruktur ab; gekreuzte, verschachtelte, wiederholte oder unbalancierte Designs können andere Komponenten und Nenner verlangen.

T08-A09-V09: Workshops aus einer jährlichen Reihe

Vor dem Rechnen begründen

Die Stufen des Faktors «Workshop» wurden gezogen, um eine grössere Population möglicher Stufen darzustellen; bei einer Wiederholung könnten neue Stufen gezogen werden.

Dagegen bezeichnet der feste Faktor «zwei benannte Moderationsformate» genau die ausgewählten interessierenden Bedingungen.

Berechnung durchführen

Das Ziel des Zufallsfaktors ist die Variation in seiner Population von Stufen und nicht eine Liste paarweiser Unterschiede nur zwischen den gezogenen Bezeichnungen.

In diesem balancierten einfaktoriellen Modell ist $\hat{\sigma}_A^2 = (MS_A - MS_e)/n = (16 - 4)/5 = 2.4000$ und $\hat{\sigma}_e^2 = MS_e = 4.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $ICC = 2.4000/[2.4000 + 4.0000] = 0.3750$.

Das Modell ordnet ungefähr 37.5% seiner Varianz Unterschieden zwischen zufällig gezogenen Stufen des Faktors «Workshop» zu.

Diese Gleichung hängt von einer balancierten einfaktoriellen Zufallsfaktorstruktur ab; gekreuzte, verschachtelte, wiederholte oder unbalancierte Designs können andere Komponenten und Nenner verlangen.

T08-A09-V10: Tage aus einem Semester

Vor dem Rechnen begründen

Die Stufen des Faktors «Tag» wurden gezogen, um eine grössere Population möglicher Stufen darzustellen; bei einer Wiederholung könnten neue Stufen gezogen werden.

Dagegen bezeichnet der feste Faktor «drei feste Erinnerungsnachrichten» genau die ausgewählten interessierenden Bedingungen.

Berechnung durchführen

Das Ziel des Zufallsfaktors ist die Variation in seiner Population von Stufen und nicht eine Liste paarweiser Unterschiede nur zwischen den gezogenen Bezeichnungen.

In diesem balancierten einfaktoriellen Modell ist $\hat{\sigma}_A^2 = (MS_A - MS_e)/n = (22 - 6)/8 = 2.0000$ und $\hat{\sigma}_e^2 = MS_e = 6.0000$.

Ergebnis interpretieren und prüfen

Somit $ICC = 2.0000/[2.0000 + 6.0000] = 0.2500$.

Das Modell ordnet ungefähr 25.0% seiner Varianz Unterschieden zwischen zufällig gezogenen Stufen des Faktors «Tag» zu.

Diese Gleichung hängt von einer balancierten einfaktoriellen Zufallsfaktorstruktur ab; gekreuzte, verschachtelte, wiederholte oder unbalancierte Designs können andere Komponenten und Nenner verlangen.

A10: Messwiederholung, Sphärizität und Greenhouse-Geisser-Korrektur

T08-A10-V01: Lesen zu drei Zeitpunkten

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Weil alle drei Randvarianzen 32.0000 betragen, ist jede Standardabweichung $\sqrt{32.0000}$. Das Einsetzen ergibt ungefähr die Varianzen der Differenzwerte (18, 19, 20). Die Korrelationen wurden mit vier Dezimalstellen gezeigt, weshalb kleine Abweichungen bei der Rekonstruktion nur auf Rundung beruhen. Sphärizität fragt, ob die Populationsvarianzen aller paarweisen Bedingungs-differenzen gleich sind. Die rekonstruierten Werte reichen von 18 bis 20; ihr Verhältnis von grösstem zu kleinstem Wert beträgt 1.1111. Dieses Muster ist ziemlich ähnlich und bietet daher beschreibende Beruhigung, beweist Sphärizität aber nicht.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Für die Bedingungen lautet $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Bedingungsmittelwerte unterscheiden. Für Personen lautet die Nullhypothese des zufälligen Personeneffekts $H_0 : \sigma_{person}^2 = 0$ gegen positive Variation zwischen Personen. Die mittleren Quadratsummen sind $MS_{condition} = 84/2 = 42.0000$, $MS_{person} = 176/11 = 16.0000$ und $MS_e = 132/22 = 6.0000$. Somit gilt $F_{condition} = 7.0000$ mit p-Wert 0.0044 und $F_{person} = 16.0000/6.0000 = 2.6667$ mit p-Wert 0.0241. Der Bedingungstest verwirft die Gleichheit der Mittelwerte bei 5%; der Personentest stützt Variation zwischen Personen bei 5%.

Berechnung durchführen, Teil (c)

$\hat{\sigma}_{person}^2 = (16.0000 - 6.0000)/3 = 3.3333$, somit $ICC = 3.3333/[3.3333 + 6.0000] = 0.3571$. Der ICC beschreibt unter diesem Modell die Ähnlichkeit von Messungen derselben Person.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Greenhouse-Geisser ergibt $df_{condition}^* = 0.82(2) = 1.6400$ und $df_e^* = 0.82(22) = 18.0400$. Wird das beobachtete $F = 7.0000$ mit diesen Referenzfreiheitsgraden verwendet, ergibt sich der korrigierte p-Wert 0.0080.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Die Korrektur verändert die Referenzfreiheitsgrade und damit den p-Wert oder den kritischen Wert. Sie verändert weder das beobachtete F noch die angepassten Mittelwerte oder die Abhängigkeit zwischen wiederholten Zeilen. Messungen derselben Person bleiben miteinander verbunden.

T08-A10-V02: Konzentration unter drei Geräuschkulissen

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Weil alle drei Randvarianzen 43.0000 betragen, ist jede Standardabweichung $\sqrt{43.0000}$. Das Einsetzen ergibt ungefähr die Varianzen der Differenzwerte (12, 22, 31). Die Korrelationen wurden mit vier Dezimalstellen gezeigt, weshalb kleine Abweichungen bei der Rekonstruktion nur auf Rundung beruhen. Sphärizität fragt, ob die Populationsvarianzen aller paarweisen Bedingungs-differenzen gleich sind. Die rekonstruierten Werte reichen von 12 bis 31; ihr Verhältnis von grösstem zu kleinstem Wert beträgt 2.5833. Dieses Muster ist deutlich ungleich und warnt daher davor, dass die unkorrigierte Referenz unzuverlässig sein kann.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Für die Bedingungen lautet $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Bedingungs-mittelwerte unterscheiden. Für Personen lautet die Nullhypothese des zufälligen Personeneffekts $H_0 : \sigma_{person}^2 = 0$ gegen positive Variation zwischen Personen. Die mittleren Quadratsummen sind $MS_{condition} = 66/2 = 33.0000$, $MS_{person} = 154/11 = 14.0000$ und $MS_e = 110/22 = 5.0000$. Somit gilt $F_{condition} = 6.6000$ mit p-Wert 0.0057 und $F_{person} = 14.0000/5.0000 = 2.8000$ mit p-Wert 0.0191. Der Bedingungstest verwirft die Gleichheit der Mittelwerte bei 5%; der Personentest stützt Variation zwischen Personen bei 5%.

Berechnung durchführen, Teil (c)

$\hat{\sigma}_{person}^2 = (14.0000 - 5.0000)/3 = 3.0000$, somit $ICC = 3.0000/[3.0000 + 5.0000] = 0.3750$. Der ICC beschreibt unter diesem Modell die Ähnlichkeit von Messungen derselben Person.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Greenhouse-Geisser ergibt $df_{condition}^* = 0.74(2) = 1.4800$ und $df_e^* = 0.74(22) = 16.2800$. Wird das beobachtete $F = 6.6000$ mit diesen Referenzfreiheitsgraden verwendet, ergibt sich der korrigierte p-Wert 0.0125.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Die Korrektur verändert die Referenzfreiheitsgrade und damit den p-Wert oder den kritischen Wert. Sie verändert weder das beobachtete F noch die angepassten Mittelwerte oder die Abhängigkeit zwischen wiederholten Zeilen. Messungen derselben Person bleiben miteinander verbunden.

T08-A10-V03: Erinnerung nach drei Verzögerungen

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Weil alle drei Randvarianzen 29.0000 betragen, ist jede Standardabweichung $\sqrt{29.0000}$. Das Einsetzen ergibt ungefähr die Varianzen der Differenzwerte (16, 17, 15). Die Korrelationen wurden mit vier Dezimalstellen gezeigt, weshalb kleine Abweichungen bei der Rekonstruktion nur auf Rundung beruhen. Sphärizität fragt, ob die Populationsvarianzen aller paarweisen Bedingungs-differenzen gleich sind. Die rekonstruierten Werte reichen von 15 bis 17; ihr Verhältnis von grösstem zu kleinstem Wert beträgt 1.1333. Dieses Muster ist ziemlich ähnlich und bietet daher beschreibende Beruhigung, beweist Sphärizität aber nicht.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Für die Bedingungen lautet $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Bedingungs-mittelwerte unterscheiden. Für Personen lautet die Nullhypothese des zufälligen Personeneffekts $H_0 : \sigma_{person}^2 = 0$ gegen positive Variation zwischen Personen. Die mittleren Quadratsummen sind $MS_{condition} = 72/2 = 36.0000$, $MS_{person} = 198/11 = 18.0000$ und $MS_e = 121/22 = 5.5000$. Somit gilt $F_{condition} = 6.5455$ mit p-Wert 0.0059 und $F_{person} = 18.0000/5.5000 = 3.2727$ mit p-Wert 0.0086. Der Bedingungstest verwirft die Gleichheit der Mittelwerte bei 5%; der Personentest stützt Variation zwischen Personen bei 5%.

Berechnung durchführen, Teil (c)

$\hat{\sigma}_{person}^2 = (18.0000 - 5.5000)/3 = 4.1667$, somit $ICC = 4.1667/[4.1667 + 5.5000] = 0.4310$. Der ICC beschreibt unter diesem Modell die Ähnlichkeit von Messungen derselben Person.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Greenhouse-Geisser ergibt $df_{condition}^* = 0.91(2) = 1.8200$ und $df_e^* = 0.91(22) = 20.0200$. Wird das beobachtete $F = 6.5455$ mit diesen Referenzfreiheitsgraden verwendet, ergibt sich der korrigierte p-Wert 0.0077.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Die Korrektur verändert die Referenzfreiheitsgrade und damit den p-Wert oder den kritischen Wert. Sie verändert weder das beobachtete F noch die angepassten Mittelwerte oder die Abhängigkeit zwischen wiederholten Zeilen. Messungen derselben Person bleiben miteinander verbunden.

T08-A10-V04: Navigation in drei Routendurchgängen

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Weil alle drei Randvarianzen 50.0000 betragen, ist jede Standardabweichung $\sqrt{50.0000}$. Das Einsetzen ergibt ungefähr die Varianzen der Differenzwerte (10, 25, 38). Die Korrelationen wurden mit vier Dezimalstellen gezeigt, weshalb kleine Abweichungen bei der Rekonstruktion nur auf Rundung beruhen. Sphärizität fragt, ob die Populationsvarianzen aller paarweisen Bedingungs-differenzen gleich sind. Die rekonstruierten Werte reichen von 10 bis 38; ihr Verhältnis von grösstem zu kleinstem Wert beträgt 3.8000. Dieses Muster ist deutlich ungleich und warnt daher davor, dass die unkorrigierte Referenz unzuverlässig sein kann.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Für die Bedingungen lautet $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Bedingungs-mittelwerte unterscheiden. Für Personen lautet die Nullhypothese des zufälligen Personeneffekts $H_0 : \sigma_{person}^2 = 0$ gegen positive Variation zwischen Personen. Die mittleren Quadratsummen sind $MS_{condition} = 90/2 = 45.0000$, $MS_{person} = 165/11 = 15.0000$ und $MS_e = 143/22 = 6.5000$. Somit gilt $F_{condition} = 6.9231$ mit p-Wert 0.0047 und $F_{person} = 15.0000/6.5000 = 2.3077$ mit p-Wert 0.0457. Der Bedingungstest verwirft die Gleichheit der Mittelwerte bei 5%; der Personentest stützt Variation zwischen Personen bei 5%.

Berechnung durchführen, Teil (c)

$\hat{\sigma}_{person}^2 = (15.0000 - 6.5000)/3 = 2.8333$, somit $ICC = 2.8333/[2.8333 + 6.5000] = 0.3036$. Der ICC beschreibt unter diesem Modell die Ähnlichkeit von Messungen derselben Person.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Greenhouse-Geisser ergibt $df_{condition}^* = 0.68(2) = 1.3600$ und $df_e^* = 0.68(22) = 14.9600$. Wird das beobachtete $F = 6.9231$ mit diesen Referenzfreiheitsgraden verwendet, ergibt sich der korrigierte p-Wert 0.0130.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Die Korrektur verändert die Referenzfreiheitsgrade und damit den p-Wert oder den kritischen Wert. Sie verändert weder das beobachtete F noch die angepassten Mittelwerte oder die Abhängigkeit zwischen wiederholten Zeilen. Messungen derselben Person bleiben miteinander verbunden.

T08-A10-V05: Selbstvertrauen zu drei Kurszeitpunkten

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Weil alle drei Randvarianzen 33.0000 betragen, ist jede Standardabweichung $\sqrt{33.0000}$. Das Einsetzen ergibt ungefähr die Varianzen der Differenzwerte (20, 21, 19). Die Korrelationen wurden mit vier Dezimalstellen gezeigt, weshalb kleine Abweichungen bei der Rekonstruktion nur auf Rundung beruhen. Sphärizität fragt, ob die Populationsvarianzen aller paarweisen Bedingungs-differenzen gleich sind. Die rekonstruierten Werte reichen von 19 bis 21; ihr Verhältnis von grösstem zu kleinstem Wert beträgt 1.1053. Dieses Muster ist ziemlich ähnlich und bietet daher beschreibende Beruhigung, beweist Sphärizität aber nicht.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Für die Bedingungen lautet $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Bedingungs-mittelwerte unterscheiden. Für Personen lautet die Nullhypothese des zufälligen Personeneffekts $H_0 : \sigma_{person}^2 = 0$ gegen positive Variation zwischen Personen. Die mittleren Quadratsummen sind $MS_{condition} = 78/2 = 39.0000$, $MS_{person} = 187/11 = 17.0000$ und $MS_e = 126/22 = 5.7273$. Somit gilt $F_{condition} = 6.8095$ mit p-Wert 0.0050 und $F_{person} = 17.0000/5.7273 = 2.9683$ mit p-Wert 0.0144. Der Bedingungstest verwirft die Gleichheit der Mittelwerte bei 5%; der Personentest stützt Variation zwischen Personen bei 5%.

Berechnung durchführen, Teil (c)

$\hat{\sigma}_{person}^2 = (17.0000 - 5.7273)/3 = 3.7576$, somit $ICC = 3.7576/[3.7576 + 5.7273] = 0.3962$. Der ICC beschreibt unter diesem Modell die Ähnlichkeit von Messungen derselben Person.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Greenhouse-Geisser ergibt $df_{condition}^* = 0.88(2) = 1.7600$ und $df_e^* = 0.88(22) = 19.3600$. Wird das beobachtete $F = 6.8095$ mit diesen Referenzfreiheitsgraden verwendet, ergibt sich der korrigierte p-Wert 0.0073.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Die Korrektur verändert die Referenzfreiheitsgrade und damit den p-Wert oder den kritischen Wert. Sie verändert weder das beobachtete F noch die angepassten Mittelwerte oder die Abhängigkeit zwischen wiederholten Zeilen. Messungen derselben Person bleiben miteinander verbunden.

T08-A10-V06: Genauigkeit mit drei Oberflächen

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Weil alle drei Randvarianzen 47.0000 betragen, ist jede Standardabweichung $\sqrt{47.0000}$. Das Einsetzen ergibt ungefähr die Varianzen der Differenzwerte (14, 28, 35). Die Korrelationen wurden mit vier Dezimalstellen gezeigt, weshalb kleine Abweichungen bei der Rekonstruktion nur auf Rundung beruhen. Sphärizität fragt, ob die Populationsvarianzen aller paarweisen Bedingungs-differenzen gleich sind. Die rekonstruierten Werte reichen von 14 bis 35; ihr Verhältnis von grösstem zu kleinstem Wert beträgt 2.5000. Dieses Muster ist deutlich ungleich und warnt daher davor, dass die unkorrigierte Referenz unzuverlässig sein kann.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Für die Bedingungen lautet $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Bedingungs-mittelwerte unterscheiden. Für Personen lautet die Nullhypothese des zufälligen Personeneffekts $H_0 : \sigma_{person}^2 = 0$ gegen positive Variation zwischen Personen. Die mittleren Quadratsummen sind $MS_{condition} = 81/2 = 40.5000$, $MS_{person} = 143/11 = 13.0000$ und $MS_e = 119/22 = 5.4091$. Somit gilt $F_{condition} = 7.4874$ mit p-Wert 0.0033 und $F_{person} = 13.0000/5.4091 = 2.4034$ mit p-Wert 0.0385. Der Bedingungstest verwirft die Gleichheit der Mittelwerte bei 5%; der Personentest stützt Variation zwischen Personen bei 5%.

Berechnung durchführen, Teil (c)

$\hat{\sigma}_{person}^2 = (13.0000 - 5.4091)/3 = 2.5303$, somit $ICC = 2.5303/[2.5303 + 5.4091] = 0.3187$. Der ICC beschreibt unter diesem Modell die Ähnlichkeit von Messungen derselben Person.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Greenhouse-Geisser ergibt $df_{condition}^* = 0.71(2) = 1.4200$ und $df_e^* = 0.71(22) = 15.6200$. Wird das beobachtete $F = 7.4874$ mit diesen Referenzfreiheitsgraden verwendet, ergibt sich der korrigierte p-Wert 0.0092.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Die Korrektur verändert die Referenzfreiheitsgrade und damit den p-Wert oder den kritischen Wert. Sie verändert weder das beobachtete F noch die angepassten Mittelwerte oder die Abhängigkeit zwischen wiederholten Zeilen. Messungen derselben Person bleiben miteinander verbunden.

T08-A10-V07: Antwortzeit bei drei Erinnerungen

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Weil alle drei Randvarianzen 38.0000 betragen, ist jede Standardabweichung $\sqrt{38.0000}$. Das Einsetzen ergibt ungefähr die Varianzen der Differenzwerte (24, 23, 26). Die Korrelationen wurden mit vier Dezimalstellen gezeigt, weshalb kleine Abweichungen bei der Rekonstruktion nur auf Rundung beruhen. Sphärizität fragt, ob die Populationsvarianzen aller paarweisen Bedingungs-differenzen gleich sind. Die rekonstruierten Werte reichen von 23 bis 26; ihr Verhältnis von grösstem zu kleinstem Wert beträgt 1.1304. Dieses Muster ist ziemlich ähnlich und bietet daher beschreibende Beruhigung, beweist Sphärizität aber nicht.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Für die Bedingungen lautet $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Bedingungs-mittelwerte unterscheiden. Für Personen lautet die Nullhypothese des zufälligen Personeneffekts $H_0 : \sigma_{person}^2 = 0$ gegen positive Variation zwischen Personen. Die mittleren Quadratsummen sind $MS_{condition} = 63/2 = 31.5000$, $MS_{person} = 209/11 = 19.0000$ und $MS_e = 138/22 = 6.2727$. Somit gilt $F_{condition} = 5.0217$ mit p-Wert 0.0160 und $F_{person} = 19.0000/6.2727 = 3.0290$ mit p-Wert 0.0130. Der Bedingungstest verwirft die Gleichheit der Mittelwerte bei 5%; der Personentest stützt Variation zwischen Personen bei 5%.

Berechnung durchführen, Teil (c)

$\hat{\sigma}_{person}^2 = (19.0000 - 6.2727)/3 = 4.2424$, somit $ICC = 4.2424/[4.2424 + 6.2727] = 0.4035$. Der ICC beschreibt unter diesem Modell die Ähnlichkeit von Messungen derselben Person.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Greenhouse-Geisser ergibt $df_{condition}^* = 0.95(2) = 1.9000$ und $df_e^* = 0.95(22) = 20.9000$. Wird das beobachtete $F = 5.0217$ mit diesen Referenzfreiheitsgraden verwendet, ergibt sich der korrigierte p-Wert 0.0178.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Die Korrektur verändert die Referenzfreiheitsgrade und damit den p-Wert oder den kritischen Wert. Sie verändert weder das beobachtete F noch die angepassten Mittelwerte oder die Abhängigkeit zwischen wiederholten Zeilen. Messungen derselben Person bleiben miteinander verbunden.

T08-A10-V08: Verständnis mit drei Formaten

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Weil alle drei Randvarianzen 46.0000 betragen, ist jede Standardabweichung $\sqrt{46.0000}$. Das Einsetzen ergibt ungefähr die Varianzen der Differenzwerte (11, 20, 34). Die Korrelationen wurden mit vier Dezimalstellen gezeigt, weshalb kleine Abweichungen bei der Rekonstruktion nur auf Rundung beruhen. Sphärizität fragt, ob die Populationsvarianzen aller paarweisen Bedingungs-differenzen gleich sind. Die rekonstruierten Werte reichen von 11 bis 34; ihr Verhältnis von grösstem zu kleinstem Wert beträgt 3.0909. Dieses Muster ist deutlich ungleich und warnt daher davor, dass die unkorrigierte Referenz unzuverlässig sein kann.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Für die Bedingungen lautet $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Bedingungs-mittelwerte unterscheiden. Für Personen lautet die Nullhypothese des zufälligen Personeneffekts $H_0 : \sigma_{person}^2 = 0$ gegen positive Variation zwischen Personen. Die mittleren Quadratsummen sind $MS_{condition} = 96/2 = 48.0000$, $MS_{person} = 176/11 = 16.0000$ und $MS_e = 154/22 = 7.0000$. Somit gilt $F_{condition} = 6.8571$ mit p-Wert 0.0048 und $F_{person} = 16.0000/7.0000 = 2.2857$ mit p-Wert 0.0476. Der Bedingungstest verwirft die Gleichheit der Mittelwerte bei 5%; der Personentest stützt Variation zwischen Personen bei 5%.

Berechnung durchführen, Teil (c)

$\hat{\sigma}_{person}^2 = (16.0000 - 7.0000)/3 = 3.0000$, somit $ICC = 3.0000/[3.0000 + 7.0000] = 0.3000$. Der ICC beschreibt unter diesem Modell die Ähnlichkeit von Messungen derselben Person.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Greenhouse-Geisser ergibt $df_{condition}^* = 0.65(2) = 1.3000$ und $df_e^* = 0.65(22) = 14.3000$. Wird das beobachtete $F = 6.8571$ mit diesen Referenzfreiheitsgraden verwendet, ergibt sich der korrigierte p-Wert 0.0147.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Die Korrektur verändert die Referenzfreiheitsgrade und damit den p-Wert oder den kritischen Wert. Sie verändert weder das beobachtete F noch die angepassten Mittelwerte oder die Abhängigkeit zwischen wiederholten Zeilen. Messungen derselben Person bleiben miteinander verbunden.

T08-A10-V09: Überarbeitungsqualität bei drei Entwürfen

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Weil alle drei Randvarianzen 30.0000 betragen, ist jede Standardabweichung $\sqrt{30.0000}$. Das Einsetzen ergibt ungefähr die Varianzen der Differenzwerte (17, 18, 16). Die Korrelationen wurden mit vier Dezimalstellen gezeigt, weshalb kleine Abweichungen bei der Rekonstruktion nur auf Rundung beruhen. Sphärizität fragt, ob die Populationsvarianzen aller paarweisen Bedingungs-differenzen gleich sind. Die rekonstruierten Werte reichen von 16 bis 18; ihr Verhältnis von grösstem zu kleinstem Wert beträgt 1.1250. Dieses Muster ist ziemlich ähnlich und bietet daher beschreibende Beruhigung, beweist Sphärizität aber nicht.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Für die Bedingungen lautet $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Bedingungs-mittelwerte unterscheiden. Für Personen lautet die Nullhypothese des zufälligen Personeneffekts $H_0 : \sigma_{person}^2 = 0$ gegen positive Variation zwischen Personen. Die mittleren Quadratsummen sind $MS_{condition} = 75/2 = 37.5000$, $MS_{person} = 220/11 = 20.0000$ und $MS_e = 132/22 = 6.0000$. Somit gilt $F_{condition} = 6.2500$ mit p-Wert 0.0071 und $F_{person} = 20.0000/6.0000 = 3.3333$ mit p-Wert 0.0078. Der Bedingungstest verwirft die Gleichheit der Mittelwerte bei 5%; der Personentest stützt Variation zwischen Personen bei 5%.

Berechnung durchführen, Teil (c)

$\hat{\sigma}_{person}^2 = (20.0000 - 6.0000)/3 = 4.6667$, somit $ICC = 4.6667/[4.6667 + 6.0000] = 0.4375$. Der ICC beschreibt unter diesem Modell die Ähnlichkeit von Messungen derselben Person.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Greenhouse-Geisser ergibt $df_{condition}^* = 0.90(2) = 1.8000$ und $df_e^* = 0.90(22) = 19.8000$. Wird das beobachtete $F = 6.2500$ mit diesen Referenzfreiheitsgraden verwendet, ergibt sich der korrigierte p-Wert 0.0094.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Die Korrektur verändert die Referenzfreiheitsgrade und damit den p-Wert oder den kritischen Wert. Sie verändert weder das beobachtete F noch die angepassten Mittelwerte oder die Abhängigkeit zwischen wiederholten Zeilen. Messungen derselben Person bleiben miteinander verbunden.

T08-A10-V10: Suchkompetenz zu drei Übungszeitpunkten

Vor dem Rechnen begründen, Teil (a)

Weil alle drei Randvarianzen 52.0000 betragen, ist jede Standardabweichung $\sqrt{52.0000}$. Das Einsetzen ergibt ungefähr die Varianzen der Differenzwerte (13, 26, 40). Die Korrelationen wurden mit vier Dezimalstellen gezeigt, weshalb kleine Abweichungen bei der Rekonstruktion nur auf Rundung beruhen. Sphärizität fragt, ob die Populationsvarianzen aller paarweisen Bedingungs-differenzen gleich sind. Die rekonstruierten Werte reichen von 13 bis 40; ihr Verhältnis von grösstem zu kleinstem Wert beträgt 3.0769. Dieses Muster ist deutlich ungleich und warnt daher davor, dass die unkorrigierte Referenz unzuverlässig sein kann.

Berechnung durchführen, Teil (b)

Für die Bedingungen lautet $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$; die Alternative besagt, dass sich mindestens zwei Bedingungs-mittelwerte unterscheiden. Für Personen lautet die Nullhypothese des zufälligen Personeneffekts $H_0 : \sigma_{person}^2 = 0$ gegen positive Variation zwischen Personen. Die mittleren Quadratsummen sind $MS_{condition} = 87/2 = 43.5000$, $MS_{person} = 187/11 = 17.0000$ und $MS_e = 143/22 = 6.5000$. Somit gilt $F_{condition} = 6.6923$ mit p-Wert 0.0054 und $F_{person} = 17.0000/6.5000 = 2.6154$ mit p-Wert 0.0264. Der Bedingungstest verwirft die Gleichheit der Mittelwerte bei 5%; der Personentest stützt Variation zwischen Personen bei 5%.

Berechnung durchführen, Teil (c)

$\hat{\sigma}_{person}^2 = (17.0000 - 6.5000)/3 = 3.5000$, somit $ICC = 3.5000/[3.5000 + 6.5000] = 0.3500$. Der ICC beschreibt unter diesem Modell die Ähnlichkeit von Messungen derselben Person.

Berechnung durchführen, Teil (d)

Greenhouse-Geisser ergibt $df_{condition}^* = 0.70(2) = 1.4000$ und $df_e^* = 0.70(22) = 15.4000$. Wird das beobachtete $F = 6.6923$ mit diesen Referenzfreiheitsgraden verwendet, ergibt sich der korrigierte p-Wert 0.0135.

Ergebnis interpretieren und prüfen, Teil (e)

Die Korrektur verändert die Referenzfreiheitsgrade und damit den p-Wert oder den kritischen Wert. Sie verändert weder das beobachtete F noch die angepassten Mittelwerte oder die Abhängigkeit zwischen wiederholten Zeilen. Messungen derselben Person bleiben miteinander verbunden.