

Varianzanalyse

Gruppenmittelwerte durch die Zerlegung der Zielvariablenstreuung vergleichen

Ratiomera Statistics

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung der Kursseite	2
Einfaktorielle ANOVA	2
Design und Modellprüfungen	2
Erweiterungen	3
Wie die Ideen zusammenhängen	3
Erweiterte Referenz	4
Zweck und Grundlagen	4
Zentrale Ideen	4
Formelleitfaden	6
Die erklärende Abbildung lesen	8
Checkliste zur Interpretation	9
Verbindung zu anderen Themen	10

Zusammenfassung der Kursseite

Die Varianzanalyse, kurz ANOVA, vergleicht Populationsmittelwerte über Stufen eines oder mehrerer kategorialer Faktoren. Ihr globaler F -Test vergleicht die vom Faktor dargestellte Variation mit der verbleibenden Variation innerhalb der angepassten Gruppen.

Einfaktorielle ANOVA

Für p Faktorstufen gilt

$$H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_p,$$

während die Alternative besagt, dass mindestens zwei Populationsmittelwerte verschieden sind. Sie besagt nicht, dass sich jedes Paar unterscheidet.

Die beobachtete Variation wird exakt zerlegt:

$$SS_{total} = SS_A + SS_e.$$

Tabelle 1: Faktor- und Fehlerzeile vergleichen die Mittelwerttrennung mit der Variation innerhalb der Gruppen.

Quelle	Freiheitsgrade	Mittleres Quadrat	Teststatistik
Faktor A	$p - 1$	$MS_A = SS_A / (p - 1)$	$F = MS_A / MS_e$
Fehler	$N - p$	$MS_e = SS_e / (N - p)$	
Gesamt	$N - 1$		

Auf ein signifikantes globales Ergebnis folgt ein Vergleichsplan, der zur Frage passt. Ein Kontrast verwendet Gewichte, die sich zu null summieren. Geplante Kontraste werden vor der Betrachtung der Ergebnisse festgelegt. Post-hoc-Familien wie alle Tukey-Paare oder Dunnett-Vergleiche mit einer Referenzstufe schützen die familienbezogene Fehlerrate 1. Art für ihre angegebene Familie. Bonferroni benötigt keine unabhängigen Tests, kann aber konservativ sein.

Design und Modellprüfungen

- Eine quantitative Ergebnisvariable und eine kategoriale Faktorstruktur müssen zur Forschungsfrage passen.
- Unabhängige Fälle, ein angemessenes Fehlerverteilungsmodell und ungefähr gleiche Fehlervarianzen stützen die übliche feste einfaktorielle Inferenz.
- Randomisierung stützt den kausalen Vergleich zugewiesener Bedingungen. Ein beobachteter Gruppenunterschied allein tut dies nicht.
- Residualdiagramme können ungleiche Streuung oder Formprobleme sichtbar machen, aber weder Zuweisung noch Unabhängigkeit prüfen.
- Ein signifikantes Ergebnis benennt nicht jedes verschiedene Paar und belegt keine praktische Bedeutung.

Erweiterungen

Tabelle 2: Jede Erweiterung verändert die Designfrage und damit die Modellstruktur.

Erweiterung	Neue Frage
Faktorielle ANOVA	Wie hängen mehrere kategoriale Faktoren und ihre Interaktionen mit dem Ergebnis zusammen?
Zufälliger Faktor	Wie viel Modellvarianz hängt mit Stufen zusammen, die aus einer grösseren Population von Stufen gezogen wurden?
Messwiederholung	Wie unterscheiden sich Bedingungen, wenn dieselben Personen wiederholt gemessen werden?
Kovarianzanalyse	Wie wirken kategoriale und quantitative Prädiktoren gemeinsam in einem Modell?

Für einen balancierten einfaktoriellen Zufallsfaktor gilt

$$\hat{\sigma}_A^2 = \frac{MS_A - MS_e}{n}, \quad ICC = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_e^2}.$$

Bei einer ANOVA mit Messwiederholung sind die Beobachtungen derselben Person verbunden. Sphärizität fragt, ob alle Populationsvarianzen der paarweisen Differenzwerte gleich sind. Eine Greenhouse-Geisser-Korrektur multipliziert Zähler- und Nennerfreiheitsgrade mit $\hat{\epsilon}$. Das beobachtete F bleibt unverändert, seine Referenz wird neu berechnet.

Wie die Ideen zusammenhängen

ANOVA ist nicht von der Regression getrennt. Dummy-Variablen stellen Faktorstufen dar, angepasste Gruppenmittelwerte sind Regressionsanpassungswerte und SS_e ist Residualvariation. Korrelation, einfache Regression, partielle Korrelation, multiple Regression und ANOVA bilden deshalb eine sich entwickelnde Familie linearer Fragen. Variablenrollen, Design, Abhängigkeit und Populationsziel bestimmen die passende Version.

Erweiterte Referenz

Zweck und Grundlagen

Die Varianzanalyse, abgekürzt ANOVA, vergleicht mittlere Ergebnisse zwischen Gruppen, indem sie die Streuung untersucht. Der Name kann überraschen, weil sich die Forschungsfrage auf Mittelwerte bezieht. Das Verfahren trennt die Gesamtvariation der Zielvariable in einen mit Gruppenunterschieden verbundenen Teil und einen Teil, der zwischen Fällen innerhalb derselben Gruppen verbleibt. Ist die gruppenbezogene Komponente im Verhältnis zur Residualvariation gross, liefern die Daten Evidenz dafür, dass nicht alle Populationsmittelwerte der Gruppen gleich sind.

Bei einer einfaktoriellen ANOVA mit unabhängigen Gruppen gibt es einen kategorialen Faktor und eine numerische Zielvariable. Ein **Faktor** ist ein kategorialer Prädiktor. Seine Kategorien werden als **Stufen** bezeichnet. Jeder Fall gehört zu einer Stufe, und in den verschiedenen Gruppen befinden sich verschiedene Fälle. Die Nullhypothese besagt, dass alle Populationsmittelwerte der Gruppen gleich sind. Die Alternative besagt, dass nicht alle Populationsmittelwerte gleich sind, also dass sich mindestens zwei unterscheiden. Das Verwerfen der Nullhypothese zeigt weder, welche Gruppen sich unterscheiden, noch wie gross diese Unterschiede sind.

Beginne mit dem Design. Bestimme die Beobachtungs- oder Versuchseinheit, die Faktorstufen, die Zielvariable und ihr Skalenniveau sowie die Frage, ob Beobachtungen unabhängig oder wiederholt sind. Stelle die Zielvariable nach Gruppen grafisch dar und berichte Stichprobengrössen, Mittelwerte, Standardabweichungen und Intervalle der Gruppen. Eine Teststatistik kann eine fehlende Übereinstimmung zwischen Design und Modell nicht beheben.

ANOVA-Grösse	Was sie erfasst	Freiheitsgrade bei einem einfaktoriellen Design
Gesamtquadratsumme	Quadrierte Abweichung jedes Falles vom Gesamtmittelwert	$N - 1$
Faktorquadratsumme	Mit der Gruppengrösse gewichtete Abweichungen der Gruppenmittelwerte vom Gesamtmittelwert	$k - 1$
Fehlerquadratsumme	Individuelle Abweichungen von den jeweiligen Gruppenmittelwerten	$N - k$
Mittleres Quadrat	Quadratsumme geteilt durch ihre Freiheitsgrade	Hängt von der Komponente ab

Zentrale Ideen

Der **Gesamtmittelwert** ist der Mittelwert über alle Beobachtungen. Die Gesamtquadratsumme misst, wie weit jeder Wert der Zielvariable von diesem Gesamtmittelwert entfernt liegt. Die Faktorquadratsumme fragt, wie weit jeder Gruppenmittelwert vom Gesamtmittelwert entfernt liegt, und gewichtet diesen quadrierten Abstand mit der Gruppengrösse. Die Fehlerquadratsumme misst, wie weit jede Beobachtung von ihrem eigenen Gruppenmittelwert entfernt liegt. Im gewöhnlichen einfaktoriellen Modell mit Achsenabschnitt addieren sich Faktor- und Fehlerquadratsumme genau zur Gesamtquadratsumme.

Quadratsummen wachsen mit der Stichprobengrösse und berücksichtigen nicht, wie viele unabhängige Informationsbestandteile verwendet wurden. Wird jede Komponente durch ihre Freiheitsgrade geteilt, entsteht ein mittleres Quadrat. Die F -Statistik teilt das mittlere Quadrat des Faktors durch das mittlere Quadrat des Fehlers. Unter der Nullhypothese und den Modellannahmen

schätzen beide dieselbe Fehlervarianz auf verschiedene Weise. Ein Verhältnis nahe eins ist daher plausibel. Ein grosses Verhältnis zeigt, dass die Trennung der Gruppenmittelwerte im Verhältnis zur typischen Variation innerhalb der Gruppen gross ist.

Weiterführende Frage	Geeignetes Werkzeug	Schwerpunkt der Interpretation
Unterscheidet sich ein geplanter wissenschaftlicher Vergleich?	Geplanter Kontrast	Der festgelegte gewichtete Mittelwertvergleich und seine Unsicherheit
Welche Paare unterscheiden sich nach einem Omnibusergebnis?	Für Multiplizität korrigierte Paarvergleiche	Paardifferenzen mit gleichzeitiger Fehlerkontrolle
Wie soll die Omnibusanalyse dokumentiert werden?	Vollständige ANOVA-Tabelle	Quadratsummen, Freiheitsgrade, mittlere Quadrate, F und p-Wert
Hängt das Muster eines Faktors von einem anderen ab?	Faktorielle ANOVA mit Interaktion	Differenzen von Differenzen anstelle isolierter Haupteffekte

Mehrere nicht korrigierte Tests erhöhen die Wahrscheinlichkeit mindestens eines Fehlers 1. Art innerhalb einer Familie von Vergleichen. Eine Omnibus-ANOVA kontrolliert eine einzige Gesamtfrage, ersetzt aber keine sorgfältig gewählten Folgeanalysen. Geplante Kontraste sollten aus der Forschungsfrage hervorgehen. Post-hoc-Verfahren für Paarvergleiche verwenden eine Korrektur, die auf die interpretierte Familie abgestimmt ist. Berichte die geschätzten Mittelwertdifferenzen oder Kontraste, ihre Unsicherheit und korrigierte p-Werte.

Eine faktorielle ANOVA enthält mehr als einen Faktor. Haupteffekte fassen die mittleren Unterschiede eines Faktors über die Stufen des anderen Faktors zusammen. Eine Interaktion fragt, ob sich der Effekt eines Faktors über die Stufen des anderen Faktors verändert. Wenn eine Interaktion inhaltlich bedeutsam ist, solltest du bedingte Gruppenmittelwerte und Kontraste interpretieren, statt dich allein auf Haupteffekte zu stützen.

Daten mit Messwiederholung benötigen ein Modell, das berücksichtigt, dass mehrere Beobachtungen zur selben Person oder Einheit gehören. Diese Beobachtungen sind korreliert und dürfen nicht wie unabhängige Gruppen behandelt werden. Sphärizität ist eine Bedingung bei Messwiederholungen und betrifft die Varianzen der paarweisen Differenzen zwischen den Stufen. Ist sie nicht plausibel, wird eine Korrektur der Freiheitsgrade oder ein geeignetes Modell für wiederholte Daten benötigt. Aus der Perspektive zufälliger Effekte wird die Variation zwischen Clustern oder Personen von der Variation innerhalb dieser Einheiten getrennt. Die Intraklassenkorrelation fasst zusammen, wie stark sich Beobachtungen aus demselben Cluster ähneln.

Das gewöhnliche Modell mit unabhängigen Gruppen setzt unabhängige Beobachtungen, eine geeignete Mittelwertstruktur und Residualvarianzen voraus, die für die beabsichtigte F -Inferenz angemessen sind. Residualdiagnosen und Gruppendarstellungen sind wichtig. Bei ungleichen Varianzen und Gruppengrössen kann der gewöhnliche Test mit zusammengefasster Fehlervarianz ungeeignet sein. Die Reaktion darauf sollte dem Design und dem im Material festgelegten Verfahren folgen und nicht in einer automatischen Transformation oder im Löschen von Fällen bestehen.

Formelleitfaden

Das einfaktorielle Modell schreibt jeden Wert der Zielvariable als Gesamtmittelwert, Gruppeneffekt und individuellen Fehler:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$$

Dabei bezeichnet i einen Fall innerhalb der Gruppe j , μ ist die Gesamtreferenz, α_j die Gruppenkomponente und ε_{ij} die Residualvariation. Die Gesamtquadratsumme lautet:

$$SS_{\text{total}} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (y_{ij} - \bar{y})^2$$

Ihre exakte Zerlegung ist:

$$SS_{\text{total}} = SS_{\text{factor}} + SS_{\text{error}}$$

Die beiden Komponenten werden wie folgt berechnet:

$$SS_{\text{factor}} = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{y}_j - \bar{y})^2, \quad SS_{\text{error}} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (y_{ij} - \bar{y}_j)^2$$

Die mittleren Quadrate teilen durch die jeweiligen Freiheitsgrade, und der Omnibustest vergleicht sie:

$$F = \frac{MS_{\text{factor}}}{MS_{\text{error}}} = \frac{SS_{\text{factor}}/(k-1)}{SS_{\text{error}}/(N-k)}$$

Bei genau zwei unabhängigen Gruppen sind dieser einfaktorielle Test mit festen Effekten und der zweiseitige t-Test für unabhängige Stichproben mit zusammengefasster Varianz nur dann äquivalent, wenn sie dasselbe Modell mit gleichen Varianzen verwenden:

$$F(1, N-2) = t(N-2)^2.$$

Das Omnibusergebnis koordiniert den Gruppenvergleich, zeigt aber nicht, welche Mittelwerte sich unterscheiden. Ein gezielter **Kontrast** kombiniert Gruppenmittelwerte mit Gewichten, deren Summe null ergibt:

$$D = \sum_{i=1}^k c_i \bar{y}_i, \quad \sum_{i=1}^k c_i = 0.$$

Positive und negative Gewichte stellen die Stufen auf gegenüberliegende Seiten des beabsichtigten Vergleichs. Bei einem balancierten Design mit n Fällen in jeder Stufe lautet die im bereitgestellten Material verwendete Kontrastberechnung:

$$SS_D = \frac{nD^2}{\sum_i c_i^2}, \quad F_D = \frac{SS_D}{MS_{\text{error}}},$$

mit 1 Freiheitsgrad im Zähler und den Fehlerfreiheitsgraden des Omnibustests im Nenner. Ein Vergleich ist nur dann geplant, wenn seine Gewichte festgelegt wurden, bevor die Ergebnisse betrachtet wurden.

Die Anzahl verschiedener Paare unter k Stufen beträgt:

$$m = \frac{k(k-1)}{2}.$$

Bei m voneinander unabhängigen Tests mit einer testbezogenen Wahrscheinlichkeit eines Fehlers 1. Art von jeweils α_{test} ist die exakte familienweise Fehlerrate:

$$\alpha_{\text{family}} = 1 - (1 - \alpha_{\text{test}})^m.$$

Wird diese Beziehung nach einem angestrebten familienweisen Niveau aufgelöst, ergibt sich die Sidak-Schwelle. Bonferroni liefert dagegen eine Schranke, die keine unabhängigen Tests voraussetzt:

$$\alpha_{\text{test,Sidak}} = 1 - (1 - \alpha_{\text{family}})^{1/m}, \quad \alpha_{\text{test,Bonferroni}} = \frac{\alpha_{\text{family}}}{m}.$$

Die Sidak-Gleichung ist nur bei voneinander unabhängigen Tests exakt. Paarvergleiche mit gemeinsamen Gruppen sind im Allgemeinen abhängig. Bonferroni kontrolliert die familienweise Fehlerrate mithilfe einer oberen Schranke und benötigt diese Unabhängigkeitsannahme nicht, kann jedoch konservativ sein.

Eine zweifaktorielle ANOVA mit festen Effekten schreibt den Wert einer Zelle als Gesamtmittelwert, zwei Haupteffekt-komponenten, ihre Interaktion und einen individuellen Fehler:

$$y_{ijm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijm}.$$

Ein **Zellenmittelwert** gehört zu einer bestimmten Kombination von Faktorstufen. Ein **Randmittelwert** mittelt über die Zellen, die zu einer Stufe eines Faktors gehören. Haupteffekte vergleichen Randmittelwerte. Die Interaktion fragt, ob sich der Effekt eines Faktors über die Stufen des anderen verändert. Es handelt sich also um eine Differenz von Differenzen. Nicht parallele Mittelwertprofile zeigen ein Interaktionsmuster. Die Linien müssen sich nicht kreuzen.

Bei einem balancierten einfaktoriellen Modell mit zufälligem Faktor und n Beobachtungen pro gezogener Stufe werden die Varianzkomponenten zwischen und innerhalb der Stufen im bereitgestellten Material wie folgt geschätzt:

$$\hat{\sigma}_A^2 = \frac{MS_A - MS_{\text{error}}}{n}, \quad \hat{\sigma}_{\text{error}}^2 = MS_{\text{error}},$$

und die Ähnlichkeit innerhalb einer Stufe wird zusammengefasst durch:

$$ICC = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_{\text{error}}^2}.$$

Diese Gleichungen gehören zu diesem balancierten einfaktoriellen Modell mit zufälligem Faktor. Sie sind keine allgemeingültige ICC-Formel für jedes geclusterte Design oder jedes Design mit Messwiederholung.

Bei einem Faktor mit Messwiederholung bewahrt der Personenterm die Verbindung zwischen Messungen derselben Person:

$$y_{im} = \mu + \alpha_i + \pi_m + \varepsilon_{im},$$

wobei α_i die feste Komponente der Gelegenheit oder Bedingung und π_m die zufällige Personenkomponente bezeichnet. Die entsprechende Zerlegung der Variation lautet:

$$SS_{\text{total}} = SS_{\text{condition}} + SS_{\text{person}} + SS_{\text{error}}.$$

Für zwei wiederholte Stufen j und k lautet die Varianz der Differenz innerhalb einer Person:

$$\text{Var}(Y_j - Y_k) = \text{Var}(Y_j) + \text{Var}(Y_k) - 2 \text{Cov}(Y_j, Y_k).$$

Sphärizität verlangt, dass die Populationsvarianzen aller solchen paarweisen Differenzwerte gleich sind. Wird das festgelegte Greenhouse-Geisser-Verfahren verwendet, reduziert dessen Schätzung $\hat{\epsilon} \leq 1$ beide Referenzfreiheitsgrade:

$$df_{\text{condition}}^* = \hat{\epsilon} df_{\text{condition}}, \quad df_{\text{error}}^* = \hat{\epsilon} df_{\text{error}}.$$

Die beobachtete F -Statistik verändert sich nicht. Es verändern sich ihre Referenzfreiheitsgrade und der daraus folgende p-Wert oder kritische Wert.

Designfrage	Grösse oder Vergleich	Wesentliche Begrenzung
Sind alle festen Populationsmittelwerte der Gruppen gleich?	Omnibus- F der einfaktoriellen ANOVA	Das Verwerfen lokalisiert den Unterschied nicht
Welche vorab festgelegten gewichteten Mittelwerte unterscheiden sich?	Geplanter Kontrast D und F_D	Die Planung muss vor der Betrachtung der Ergebnisse erfolgen
Hängt der Effekt eines Faktors von einem anderen ab?	Faktorielle Interaktion	Haupteffekte allein können das Zellenmuster verdecken
Wie viel Variation gehört zu den gezogenen Stufen?	Varianzkomponente des zufälligen Faktors und ICC	Die Formel hängt vom festgelegten Zufallseffektdesign ab
Unterscheiden sich miteinander verbundene Gelegenheiten?	Bedingungseffekt bei Messwiederholung	Abhängigkeit innerhalb von Personen und Sphärizitätsverfahren sind zu berücksichtigen

Die erklärende Abbildung lesen

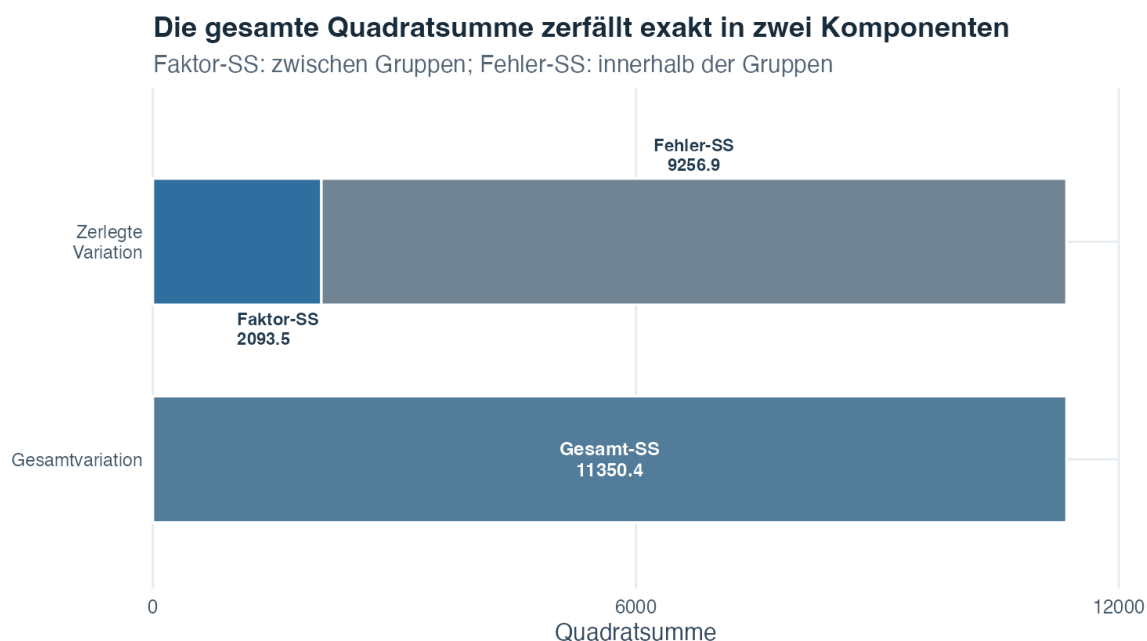


Abbildung 1: Zwei Balken zeigen die Gesamtquadratsumme neben einem gleich hohen gestapelten Balken, der mit numerischen Beschriftungen in Faktor- und Fehlerquadratsumme unterteilt ist.

Der linke Balken enthält die Gesamtquadratsumme 11,350.4. Sie stellt die quadrierten Abweichungen jedes beobachteten Punktwerts vom Gesamtmittelwert dar. Der rechte Balken besitzt dieselbe Gesamthöhe, ist aber gestapelt. Das untere blaue Segment ist die

Faktorquadratsumme 2,093.5 und stellt die Trennung der Gruppenmittelwerte dar. Das obere graue Segment ist die Fehlerquadratsumme 9,256.9 und stellt die Unterschiede zwischen den Fällen um ihre jeweiligen Gruppenmittelwerte dar.

Die beiden Beschriftungen auf der rechten Seite addieren sich zur Gesamtsumme links. Diese visuelle Gleichheit ist die zentrale ANOVA-Identität. Die Fehlerkomponente ist in diesem Datensatz grösser. Der F -Test vergleicht jedoch nicht direkt die rohen Segmenthöhen. Jede Quadratsumme wird zuerst durch ihre Freiheitsgrade geteilt. Das daraus entstehende Verhältnis der mittleren Quadrate wird danach unter dem Nullmodell anhand einer F -Verteilung beurteilt.

Die Balken zeigen weder, welcher Gruppenmittelwert am höchsten ist, noch welche Paare sich unterscheiden. Ebenso zeigen sie nicht, ob die Residualannahmen plausibel sind oder ob das Design eine kausale Aussage stützt. Diese Fragen erfordern die Gruppengrafik, die deskriptive Tabelle, Diagnosen und geplante Kontraste. Die dargestellten Werte stammen aus simulierten Lehrdaten. Sie veranschaulichen daher die Berechnung und liefern keine Evidenz über eine reale Grundgesamtheit.

Checkliste zur Interpretation

Bestimme Faktor, Stufen, Zielvariable, Analyseeinheit und die Struktur als unabhängige Gruppen oder Messwiederholung. Berichte Gruppengrößen, Mittelwerte, Standardabweichungen und eine klare Gruppendarstellung. Formuliere die Null- und Alternativhypothese des Omnibustests. Prüfe die Unabhängigkeit anhand des Designs und untersuche Residualvariation und ungewöhnliche Beobachtungen. Berichte die vollständige ANOVA-Tabelle mit Quadratsummen, Freiheitsgraden, mittleren Quadraten, F und p-Wert. Ergänze danach die Schätzungen und Unsicherheit geplanter oder korrigierter Vergleiche.

Beantworte nach einem Omnibusergebnis die inhaltliche Frage mit geplanten oder für Multiplizität korrigierten Vergleichen. Interpretiere bei einem faktoriellen Design Interaktionen, bevor du über sie hinweg mittelst. Bewahre bei wiederholten Messungen die Abhängigkeit innerhalb von Personen und berücksichtige das dokumentierte Verfahren zur Sphärizität. Behaupte weder, ein nicht signifikantes Ergebnis beweise gleiche Mittelwerte, noch, ein signifikantes Ergebnis beweise einen wichtigen oder kausalen Unterschied.

Verbindung zu anderen Themen

Die ANOVA schliesst die Lernsequenz ab, indem sie zur Varianz zurückkehrt, die in der deskriptiven Statistik eingeführt wurde. Wahrscheinlichkeit und Inferenz erklären die F -Referenzverteilung und den Entscheidungsprozess. Kovarianz und Korrelation zeigen, wie Variablen lineare Variation teilen. Die einfache Regression zerlegt die Variation der Zielvariable in angepasste und verbleibende Teile. Partielle Korrelation und multiple Regression erklären bedingte Zusammenhänge, nachdem weitere Informationen berücksichtigt wurden.

Die Gruppenzugehörigkeit in der ANOVA kann in einem Regressionsmodell durch Indikatorprädiktoren codiert werden. Die Faktorquadratsumme ist modellbezogene Variation, die Fehlerquadratsumme ist Residualvariation und der Omnibus- F -Test vergleicht das vollständige Gruppenmodell mit einem Modell, das nur einen Achsenabschnitt enthält. Faktorielle Interaktionen entsprechen Regressionsinteraktionen, und geplante Kontraste sind gezielte lineare Vergleiche angepasster Mittelwerte. Dieser gemeinsame Rahmen lässt sich am besten als **Verbindung über das allgemeine lineare Modell** verstehen: Die späteren Themen sind verschiedene Sichtweisen darauf, wie strukturierte Prädiktorinformation zur Erklärung der Variation einer Zielvariable verwendet wird, während Unsicherheit und Residualvariation sichtbar bleiben.

Dokument-ID: topic-08-analysis-of-variance-summary-de

Notizen 1 von 3

Varianzanalyse | Thema 8

Notizen 2 von 3

Varianzanalyse | Thema 8

Notizen 3 von 3

Varianzanalyse | Thema 8