

14. Herhaalde metingen

Introductie

Bij herhaalde metingen worden er bij verschillende condities in een experiment dezelfde proefpersonen gebruikt of waarbij dezelfde proefpersonen op verschillende momenten data leveren. Een nadeel van een herhaalde metingen design is dat er niet voldaan kan worden aan de assumptie dat de verschillende condities onafhankelijk zijn. Een proefpersoon ondergaat alle condities en dus zijn de condities gerelateerd aan elkaar. De gewone F-ratio is niet accuraat in zulke situaties.

In plaats van onafhankelijkheid is er de assumptie van *sfericiteit* (*sphericity*). Dit houdt in dat de relatie tussen paren van experimentele condities gelijk is, de afhankelijkheid tussen experimentele condities is ongeveer gelijk. Deze assumptie lijkt op de assumptie van homogeniteit in variantie bij tussengroep ANOVA. Sfericiteit is iets algemener dan *samengestelde symmetrie*. Dit houdt in dat de beide varianties tussen de condities gelijk zijn en dat de covarianties tussen de paren ook gelijk zijn. Sfericiteit is minder strikt dan samengestelde symmetrie, het gaat hierbij om het verschil tussen de condities, die varianties moeten ongeveer gelijk zijn.

Het meten van sfericiteit

Voor het handmatig berekenen bereken je eerst het verschil tussen de paren bij alle combinaties van behandelingsniveaus. Van die verschillen kunnen weer de varianties berekend worden. In formulevorm ziet sfericiteit er als volgt uit:

$$\text{Variantie}_{A-B} \approx \text{variantie}_{A-C} \approx \text{variantie}_{B-C}$$

Mauchly's test in SPSS toetst de hypothese dat de varianties van de verschillen tussen de condities gelijk zijn. Als deze test significant is, wordt dus niet aan de assumptie van sfericiteit voldaan.

Als de assumptie van sfericiteit is geschonden, wordt de power minder en heeft de test statistiek geen F-distributie meer, wat het wel zou moeten hebben. Voor post hoc tests kan schending van deze assumptie ook invloed hebben, dus mocht dit het geval zijn, kan het beste Bonferroni gebruikt worden.

Wanneer niet aan de assumptie van sfericiteit is voldaan kan je met SPSS een aantal correcties maken. De correctie wordt dan gegeven in het aantal vrijheidsgraden. Als eerst is er de *Greenhouse-Geisser correctie*. Het varieert tussen $1/k-1$ en 1. Hoe dichter bij de 1, hoe minder verschillen. Een andere correctie is de *Huynh-Feldt correctie*. Deze kan gebruikt worden als de schatting van de sfericiteit groter is dan 0.75. Bij een geschatte sfericiteit van minder dan 0.75 (of waarbij de sfericiteit onbekend is) moet de Greenhouse-Geisser correctie gebruikt worden. Een andere optie is het uitvoeren van MANOVA. MANOVA is niet afhankelijk van deze assumptie.

De theorie

Bij *herhaalde metingen ANOVA* komt het effect van het experiment naar voren bij de variantie binnen participanten. Bij de gewone ANOVA is dit de SS_R .

De totale variantie bij herhaalde metingen ANOVA is opgedeeld in variantie tussen participanten (SS_B) en de variantie binnen participanten (SS_W). De variantie binnen participanten is weer opgedeeld in het effect van het experiment (SS_M) en de residuvariantie (SS_R).

Het berekenen van de SS_T gaat bij herhaalde metingen op dezelfde manier als bij de eenweg onafhankelijke ANOVA.

$$SS_T = s_{\text{groot}}^2 (N-1)$$

Bij de variantie binnen participanten (SS_W) gaat het om de individuele verschillen binnen participanten. Bij een herhaalde metingen design is deze variantie opgebouwd uit de variantie die door de experimentele manipulatie wordt verklaard (SS_M) en door de onverklaarde variantie (SS_R). De SS_W wordt berekend door de variantie in scores van de individuen bij elkaar op te tellen. Dit gaat met de volgende formule:

$$SS_W = s_{\text{persoon1}}^2 (n_1-1) + s_{\text{persoon2}}^2 (n_2-1) + s_{\text{persoon3}}^2 (n_3-1) + \dots + s_{\text{persoon n}}^2 (n_n-1)$$

n_s is hier het aantal experimentele condities. Het aantal vrijheidsgraden voor elke persoon is $n-1$ (het aantal condities min 1). Het totale aantal vrijheidsgraden is te berekenen door de vrijheidsgraden van alle personen op te tellen.

Met de modelsom kunnen we bekijken hoeveel van de variantie binnen personen verklaard is door de experimentele manipulatie. SS_M berekenen we in de volgende stappen:

- Bereken het verschil tussen het gemiddelde van elke groep en het grote gemiddelde.
- Kwadrateer de verschillen.
- Vermenigvuldig het antwoord met het aantal deelnemers die bij dat gemiddelde horen.
- Som alle waardes op.

$$SS_M = \sum \pi_k (\bar{X}_k - \bar{X}_{\text{grand}})^2$$

Het aantal vrijheidsgraden bij de modelsom is: $df_M = k-1$ (het aantal condities – 1).

SS_R

Doordat je SS_W en SS_M al weet is SS_R makkelijk uit te rekenen. $SS_R = SS_W - SS_M$. Dit geldt ook voor het aantal vrijheidsgraden ($df_R = df_W - df_M$).

MS

Net als bij een gewone eenweg ANOVA, berekenen we het gemiddelde van de kwadratensommen (Mean Squares), om de bias van de steekproefgrootte te verwijderen.

$$MS_M = \frac{SS_M}{df_M}$$

$$MS_R = \frac{SS_R}{df_R}$$

Nu we de gemiddelden weten kunnen we de F-ratio (de verklaarde variantie gedeeld door de variantie verklaard door niet-systematische factoren) berekenen:

$$F = \frac{MS_M}{MS_R}$$

Wanneer de waarde groter dan 1 is betekent het dat de experimentele manipulatie effect heeft. Ook hier kan de F-waarde vergeleken worden met de kritieke waarde om te kijken of er een significant effect is.

De variantie tussen participanten

De variantie tussen participanten is niet nodig om de F-ratio te berekenen. Het kan het makkelijkst uitgerekend worden met: $SS_B = SS_T - SS_W$.

SPSS en herhaalde metingen

Bij herhaalde metingen zijn de verschillende kolommen de niveaus van de variabele. Voor het uitvoeren ga je naar Analyze – General Linear Model – Repeated Measures. Op het scherm geef je aan bij welke variabele de herhaalde meting is toegepast (factor) en hoeveel niveaus het heeft (zie blz. 557). Bij Within-Subjects variables zie je het aantal niveaus van de onafhankelijke variabele en kan je de goede conditie bij het juiste niveau zetten. De verschillende opties die nog toegepast kunnen worden zijn al in eerdere hoofdstukken behandeld.

Contrasten en herhaalde metingen

Het is in SPSS niet mogelijk eigen geplande vergelijkingen voor herhaalde metingen te maken (behalve via syntax). Er kan wel een standaardcontrast uitgevoerd worden. De volgorde waarop je de groepen kiest is hier van belang. Wanneer de volgorde van belang is kan je een herhaald contrast kiezen.

Post hoc toetsen

Wanneer niet aan de assumptie van sfericiteit voldaan kan worden zijn post hoc testen erg lastig. Het beste kan dan nog de Bonferroni test gedaan worden omdat die het meest robuust is. Wanneer wel aan de assumptie voldaan is kan de Tukey's test het beste uitgevoerd worden. De post hoc tests kun je bij een herhaalde metingen ANOVA uitvoeren via Options, de variabele slepen naar Display Means for en dan Compare main effects aanklikken.

Output

In de output komen eerst de beschrijvende statistieken naar voren. Het is handig om hier te kijken of de niveaus op de juiste volgorde ingevoerd zijn. Bij de Mauchly's test kan je kijken of aan de assumptie van sfericiteit wordt voldaan. Bij een significante waarde wordt niet aan de assumptie voldaan. SPSS laat ook automatisch de correcties (Greenhouse-Geisser en Huynh-Feldt) zien.

ANOVA

Het volgende deel van de output laat de ANOVA voor de binnen-participant variabele zien. Hier kan gekeken worden of er een verschil tussen de gemiddelden zit. Er kan nog niet gezegd worden waar het verschil zit. Bij de correcties blijft de F-waarde hetzelfde, het aantal vrijheidsgraden verandert. Bij twee verschillende uitkomsten van de correcties is het handig om het gemiddelde van de twee te nemen om te kijken of het nog significant blijft. Van daaruit kan je bepalen welke correctie je het beste kan gebruiken.

Na deze tabellen maakt SPSS ook automatisch een tabel met multivariate testen. Dit wordt in hoofdstuk 16 verder besproken. Multivariate testen hebben als voordeel dat ze de assumptie van sfericiteit niet hebben.

Het volgende deel van de output zijn de contrasten. De eerste tabel laat zien hoe de contrasten zijn opgebouwd. Een 0 betekent dat een groep niet wordt meegenomen in dat contrast. Daarna volgt een tabel met de significantiewaardes van de contrasten. En als men ook een post hoc test gevraagd heeft is dat in de volgende tabel te zien.

Effectgroottes

Voor herhaalde metingen kan de effectgrootte ω^2 gebruikt worden, maar het kan niet op dezelfde manier berekend worden als bij de onafhankelijke ANOVA. Bij herhaalde metingen wordt de effectgrootte met de formule op pagina 566.

De meeste termen in de formule zijn bekend. MS_B is niet in SPSS te vinden en als volgt te berekenen:

$$SS_B = SS_T - SS_M - SS_R$$

$$MS_B = \frac{SS_B}{df_B} = \frac{SS_B}{N-1}$$

Voor de contrasten kan ook de effectgrootte berekend worden:

$$r = \sqrt{\frac{F(1, df_R)}{F(1, df_R) + df_R}}$$

Eenweg herhaalde metingen ANOVA

Bij het rapporten van herhaalde metingen worden dezelfde gegevens vermeld als bij een onafhankelijke ANOVA. Bij herhaalde metingen moeten het aantal gecorrigeerde vrijheidsgraden ook vermeld worden als niet aan de assumptie van sfericiteit voldaan is. De multivariate testen kunnen ook vermeld worden.

Meerdere onafhankelijke variabelen

Bij herhaalde metingen kunnen er meerdere onafhankelijke variabelen in het design zitten. In SPSS heeft elke deelnemer een rij en elke conditie een kolom. Bij het uitvoeren van herhaalde metingen met meerdere onafhankelijke variabelen zijn dat de factoren in SPSS. Klik op add om de volgende factor toe te kunnen voegen (zie blz. 571). Wanneer je op define klikt kom je op het volgende scherm waar je de combinaties kan maken. Hierbij is de volgorde van invoeren van belang.

Het is interessant om te kijken hoe de niveaus van de verschillende onafhankelijke variabelen van elkaar verschillen. Dit kan met de standaard contrasten. Een alternatief is het uitvoeren van de simpele effecten analyse.

Bij meerdere onafhankelijke variabelen is het handig om in een grafiek de gemiddelden van elk niveau te zien. Hiervoor gebruik je het scherm Profile Plots. De ene onafhankelijke variabele kan uitgezet worden tegen de andere onafhankelijke variabele (zie blz. 575).

De post hoc testen zijn niet mogelijk als het design alleen herhaalde metingen variabelen heeft. Bij opties kan nog wel een post hoc test uitgekozen worden, via Display Means for, Compare main effects. Dit is alleen interessant als het interactie-effect niet significant was. De transformation matrix is in dit geval handig om te kiezen voor het vergelijken van de contrasten.

Output

Het eerste deel van de output is hetzelfde als bij eenweg herhaalde metingen ANOVA. De eerste tabel laat de variabelen zien en welk nummer welk niveau representeert. Dit is belangrijk om te controleren of je de niveaus in de juiste volgorde hebt ingevuld voor de vergelijkingen die je maakt.

Mauchly's test heeft in dit geval drie regels, een voor elk van de onafhankelijke variabelen en een voor het interactie-effect. Vervolgens komt de ANOVA tabel met F-waardes uitgesplit naar elk van de variabelen.

Bij het volgende deel worden de paarsgewijze vergelijkingen weergegeven. Dit gaat per onafhankelijke variabele. Vervolgens komt een tabel (estimates) met de gemiddelden en de standard error om te kijken naar de interactie. De interactie kan ook bekeken worden in een plot.

Contrasten

De contrasten worden in één tabel weergegeven. Hierin is te zien of de contrasten significant zijn. Voor een voorbeeld van de output, zie blz. 583.

Effectgroottes bij herhaalde metingen ANOVA met meerdere onafhankelijke variabelen.

Bij de vorm van ANOVA is het advies om alleen nog de effectgroottes voor de contrasten te berekenen, omdat het nuttiger is om een bepaald effect te beschrijven dan een algeheel effect. Net als eerder kunnen we de F-ratio's van de contrasten gebruiken om de r te berekenen:

$$r = \sqrt{\frac{F(1, df_R)}{F(1, df_R) + df_R}}$$

Het rapporteren van de resultaten is hetzelfde als bij de andere ANOVA's. Je moet hierbij drie effecten rapporteren, die van de twee onafhankelijke variabelen en de interactieterm. Deze effecten kunnen verschillende vrijheidsgraden hebben.