

Opdracht 13a

-----  
Een-factor ANOVA

(ANOVA-tabel, Contrasten, Bonferroni)

Bij een onderzoek naar de leesvaardigheid bij kinderen in de V.S. werden drie onderwijsmethoden met elkaar vergeleken. Verschillende variabelen werden gemeten voor aanvang van de lessen. Een van de bedoelingen van de toets vooraf was te zien of de cognitieve bekwaamheid van de drie groepen kinderen hetzelfde was. Een variabele van de toets vooraf was een maat voor 'het lezen van verminkte zinnen', die een bepaald type tekstbegrip meet. De gegevens voor de 22 proefpersonen in elke groep staan in onderstaande tabel. De drie onderwijsmethoden worden genoemd (B)asal, (D)irected Reading as Thinking Activity en (S)trategies. (Bron: onderzoek verricht door Jim Baumann en Leah Jones van de School of Education van Purdue University.)

groep		
B	D	S
4	7	11
6	7	7
9	12	4
12	10	7
16	16	7
15	15	6
14	9	11
12	8	14
12	13	13
8	12	9
13	7	12
9	6	13
12	8	4
12	9	13
12	9	6
10	8	12
8	9	6
12	13	11
11	10	14
8	8	8
7	8	5
9	10	8

- ANOVA veronderstelt dat de populaties normaal verdeeld zijn met eventueel verschillende gemiddelden, maar met dezelfde standaardafwijking. Teken voor elke groep een normaal-kwantiel-plot. Zijn de groepen normaal verdeeld?
- Bepaal voor elke groep (B, D en S) het gemiddelde en de standaarddeviatie. Wat is de verhouding van de grootste tot de kleinste standaarddeviatie? Zal toepassing van de ANOVA-toets betrouwbare resultaten geven?
- Geef de een-factor ANOVA-tabel. Formuleer  $H_0$  and  $H_a$ . Wat is je conclusie?
- Analyseer het contrast '(D en S) vs. B'. Toets of (D en S) hogere gemiddelde scores hebben dan B. Geef  $H_0$  en  $H_a$ , de t-waarde, de P-waarde, en de conclusie.
- Analyseer het contrasten 'D vs. S'. Toets of de gemiddelde scores van D

ongelijk zijn aan de gemiddelde scores van S. Geef H<sub>0</sub> en H<sub>a</sub>, de t-waarde, de P-waarde, en de conclusie.

- f. Voer de Bonferroni-test uit met  $\alpha=0.05$ . Van welke groeps-paren zijn de leden significant verschillend?

#### Opdracht 13a - S-PLUS

-----

Voer de gegevens in in een tabel. Noem de eerste kolom 'groep'. Deze bevat de groepscode (B=1, D=2, S=3). Noem de tweede kolom 'score'.

- a. Kies >Data >Split. Kies onder Splitting Variable en achter Group Column de variabele 'groep'. Onder Results moet gekozen zijn voor >Separate, en geef achter Save In 'data' als naam. Klik op OK.

Kies Graph 2D Plot. Kies onder Axes voor Linear, en onder Plot Type voor QQ Normal with Line (x). Klik op >OK. Selecteer onder Data Columns en achter Data set de tabel 'data.1', en achter y Columns de variabele 'score'. Klik op >OK.

Kies Graph 2D Plot. Kies onder Axes voor Linear, en onder Plot Type voor QQ Normal with Line (x). Klik op >OK. Selecteer onder Data Columns en achter Data set de tabel 'data.2', en achter y Columns de variabele 'score'. Klik op >OK.

Kies Graph 2D Plot. Kies onder Axes voor Linear, en onder Plot Type voor QQ Normal with Line (x). Klik op >OK. Selecteer onder Data Columns en achter Data set de tabel 'data.3', en achter y Columns de variabele 'score'. Klik op >OK.

- b. Kies >Statistics >Data Summaries >Summary Statistics. Selecteer onder Data en achter Data Set de oorspronkelijke tabel, en achter Variables de variabele 'score'. Selecteer onder Summaries by Group en achter Group Variables de variabele 'groep'. Klik bovenaan in het window op >Statistics. Zorg dat alleen >Mean en >Std. Deviation aan staan. Klik op >OK.

Kies >Data >Change Data Type. Selecteer onder From en achter Data Set de oorspronkelijke tabel en achter Columns de variabele 'groep'. Selecteer onder Type en achter New Type het type factor. Klik op >OK.

Kies >Statistics >ANOVA >Fixed Effects. Selecteer onder Data en achter Data Set de oorspronkelijke tabel. Selecteer onder Variables en achter Dependent de variabele 'score'. Klik bovenaan in het window op >Compare. Selecteer onder Variable en achter Levels Of de variabel 'groep'. Kies onder Options en achter Method de methode Bonferroni. Klik op >OK.

- c. In het Report-Venster vormen de volgende gegevens de gevraagde ANOVA-tabel:

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
GROEP	2	20.5758	10.28788	1.132206	0.3287909
Residuals	63	572.4545	9.08658		

In deze tabel is GROEP hetzelfde als Between Groups, en Residuals is hetzelfde als Within Groups.

De bovenste toolbar is de Standard Toolbar. Klik in deze toolbar op het icoontje dat precies onder Help van de menubalk zit. Als je de cursor op dit icoontje plaatst, moet als bijschrift verschijnen: Commands Window. Na

op dit icoontje te hebben geklikt verschijnt een window met de naam Commands. In dit window knippert achter de prompt (weergegeven door '>') de cursor (weergegeven door een verticaal streepje). Achter die cursor kunnen commando's ingetypt worden die uitgevoerd worden nadat je op Enter (of Return) hebt gedrukt.

d. Geef in het Commands Window het volgende commando:

```
t.test(c(data.2$score,data.3$score),data.1$score)
```

In het Commands Windows lezen we onder andere dat  $t = -1.3633$  en  $p\text{-value} = 0.1776$ . Omdat we willen onderzoeken of de scores van groep D en S significant hoger zijn dan van groep D en we dus rechtsezijdig willen toetsen, en omdat de  $t$ -waarde negatief is, is de  $P$ -waarde:  $1-(0.1776/2) = 0.9112$ .

e. Geef in het Commands Window het volgende commando:

```
t.test(data.2$score,data.3$score)
```

In het Commands Windows lezen we onder andere dat  $t = 0.6457$  en  $p\text{-value} = 0.522$ . Omdat we willen onderzoeken of de scores van groep D significant ongelijk zijn aan de scores van groep S en we dus tweezijdig willen toetsen nemen we de gegeven  $P$ -waarde ongewijzigd over.

f. In het Report-Venster zijn voor het beantwoorden van deze vraag de volgende gegevens van belang:

```
intervals excluding 0 are flagged by '*****'
```

	Estimate	Std.Error	Lower Bound	Upper Bound
1-2	0.773	0.909	-1.460	3.01
1-3	1.360	0.909	-0.872	3.60
2-3	0.591	0.909	-1.640	2.83

Omdat geen van de groepsparen is gemarkeerd met '\*\*\*\*\*', zijn er geen groepsparen waarvan de leden significant verschillend zijn.

#### Opdracht 13a - SPSS

Voer de gegevens in in een tabel. Noem de eerste kolom 'groep'. Deze bevat de groepscode (B=1, D=2, S=3). Noem de tweede kolom 'score'.

a. Selecteer de scores van groep 1. Kies >Data >Select Cases. Je komt nu in het window 'Select Cases'. Klik op het rondje voor >If condition is satisfied. Klik vervolgens op >If. Je komt nu in het window 'Select Cases: If'. Breng 'groep' naar rechts, klik op '=' en klik op '1'. Klik daarna op >Continue en tenslotte op >OK.

Kies vervolgens >Graphs >Q-Q. Plaats 'score' onder Variables. Klik op >OK. In het output-window vind je achtereenvolgens twee grafieken. De grafiek 'Normal Q-Q Plot of Score' is de eerste grafiek. Deze grafiek is de grafiek die gevraagd wordt.

Selecteer de scores van groep 2. Kies >Data >Select Cases. Je komt nu in het window 'Select Cases'. Klik op >Reset. Klik daarna op het rondje voor >If condition is satisfied. Klik vervolgens op >If. Je komt nu in het window 'Select Cases: If'. Breng 'groep' naar rechts, klik op '=' en klik op '2'. Klik daarna op >Continue en tenslotte op >OK.

Kies vervolgens >Graphs >Q-Q. Klik op >Reset. Plaats 'score' onder Variables. Klik op >OK. In het output-window vind je achtereenvolgens twee grafieken. De grafiek 'Normal Q-Q Plot of Score' is de eerste grafiek. Deze grafiek is de grafiek die gevraagd wordt.

Selecteer de scores van groep 3. Kies >Data >Select Cases. Je komt nu in het window 'Select Cases'. Klik op >Reset. Klik daarna op het rondje voor >If condition is satisfied. Klik vervolgens op >If. Je komt nu in het window 'Select Cases: If'. Breng 'groep' naar rechts, klik op '=' en klik op '2'. Klik daarna op >Continue en tenslotte op >OK.

Kies vervolgens >Graphs >Q-Q. Klik op >Reset. Plaats 'score' onder Variables. Klik op >OK. In het output-window vind je achtereenvolgens twee grafieken. De grafiek 'Normal Q-Q Plot of Score' is de eerste grafiek. Deze grafiek is de grafiek die gevraagd wordt.

Maak eerst de selectie ongedaan. Kies >Data >Select Cases. Je komt nu in het window 'Select Cases'. Klik op >Reset. Klik op >OK.

Kies >Statistics >Compare Means >One-Way ANOVA. Plaats 'score' in Dependent List en 'groep' in Factor. Klik op >Options. Zet Descriptive aan. Klik op >Continue.

Klik op >Contrasts. We geven eerst het contrast voor d. op. Voer achtereenvolgens de coëfficiënten -1, 0.5 en 0.5 in bij Coefficient en klik na iedere coëfficiënt op >Add. Klik op >Next nadat alle drie coëfficiënten ingevoerd zijn. Vervolgens geven we het contrast voor e. op. Voer achtereenvolgens de coëfficiënten 0, -1 en 1 in bij Coefficient en klik na iedere coëfficiënt op >Add. Klik op >Continue nadat alle drie coëfficiënten ingevoerd zijn.

Klik op >Post Hoc. Zet Benferroni aan. Als Significance level moet 0.05 gekozen zijn. Klik op >Continue. Klik tenslotte op >OK. In het output-window vinden we nu vijf tabellen.

- b. De eerste tabel in het output-window heet 'Descriptives'. In deze tabel vinden we voor elke groep het gemiddelde en de standaarddeviatie.
- c. De tweede tabel in het output-window heet 'ANOVA' en is de ANOVA-tabel. In de tabel vinden we onder andere onder 'F' de F-waarde (1.132) en onder 'Sig.' de P-waarde (0.329).
- d. De derde tabel in het output-window heet 'Contrast Coefficients'. In rij '1' worden de coëfficiënten die we opgaven voor het contrast '(D en S) vs. B' gegeven. De vierde tabel in het output-window heet 'Contrast Tests'. In de rij 'Assume equal variances' vinden we de gegevens die voor ons van belang zijn. De gegevens voor voor het contrast '(D en S) vs. B' vinden we in de subrij '1'. In de kolom 't' vinden we de t-waarde (-1.357), en in de kolom 'Sig. (2-tailed)' vinden we de P-waarde (0.180). Omdat we rechts-eenzijdig willen toetsen en de t-waarde negatief is, is de uiteindelijke P-waarde gelijk aan  $1 - (0.180/2) = 0.91$ .
- e. De derde tabel in het output-window heet 'Contrast Coefficients'. In rij '2' worden de coëfficiënten die we opgaven voor het contrast 'D vs. S' gegeven. De vierde tabel in het output-window heet 'Contrast Tests'. In de rij 'Assume equal variances' vinden we de gegevens die voor ons van belang zijn. De gegevens voor voor het contrast 'D vs. S' vinden we in de subrij '2'. In de kolom 't' vinden we de t-waarde (-0.650), en in de kolom 'Sig. (2-tailed)' vinden we de P-waarde (0.518). Omdat we tweezijdig

toetsen, is de P-waarde dus gelijk aan 0.518.

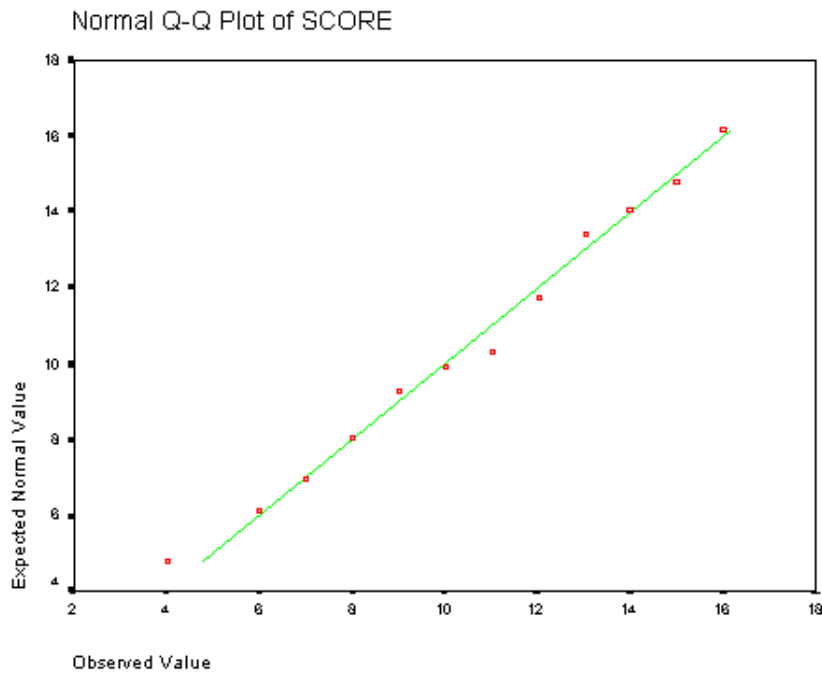
- f. De vijfde tabel in het output-window heet 'Multiple Comparisons'. Deze tabel bevat voor elk groeps-paar een P-waarde. Als de P-waarde van een groeps-paar kleiner is dan alfa, zijn de leden van het groeps-paar significant verschillend.

Opdracht 13a - verslag

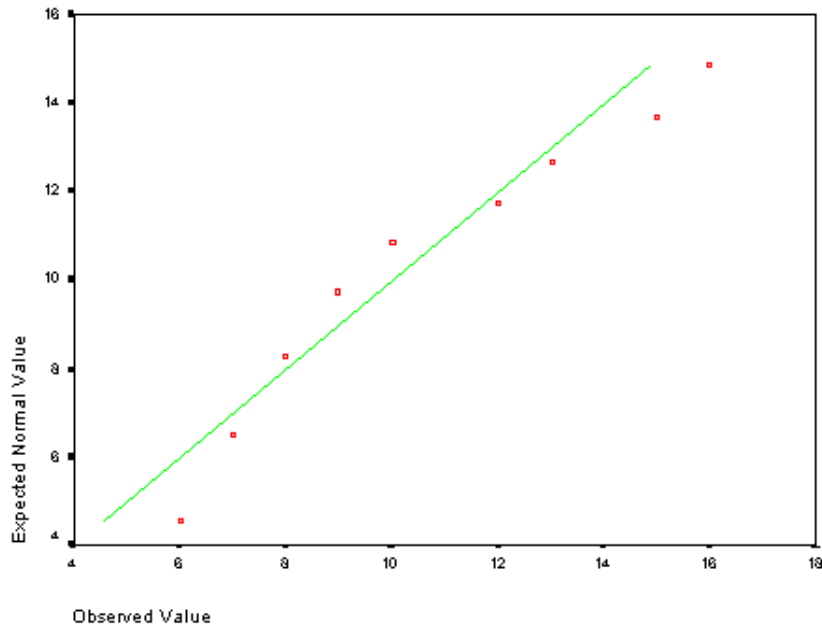
-----

Bij een onderzoek naar de leesvaardigheid bij kinderen in de V.S. werden drie onderwijsmethoden met elkaar vergeleken. Verschillende variabelen werden gemeten voor aanvang van de lessen. Een van de bedoelingen van de toets vooraf was te zien of de cognitieve bekwaamheid van de drie groepen kinderen hetzelfde was. Een variabele van de toets vooraf was een maat voor 'het lezen van verminkte zinnen', die een bepaald type tekstbegrip meet. De drie onderwijsmethoden worden genoemd (B)asal, (D)irected Reading as Thinking Activity en (S)trategies.

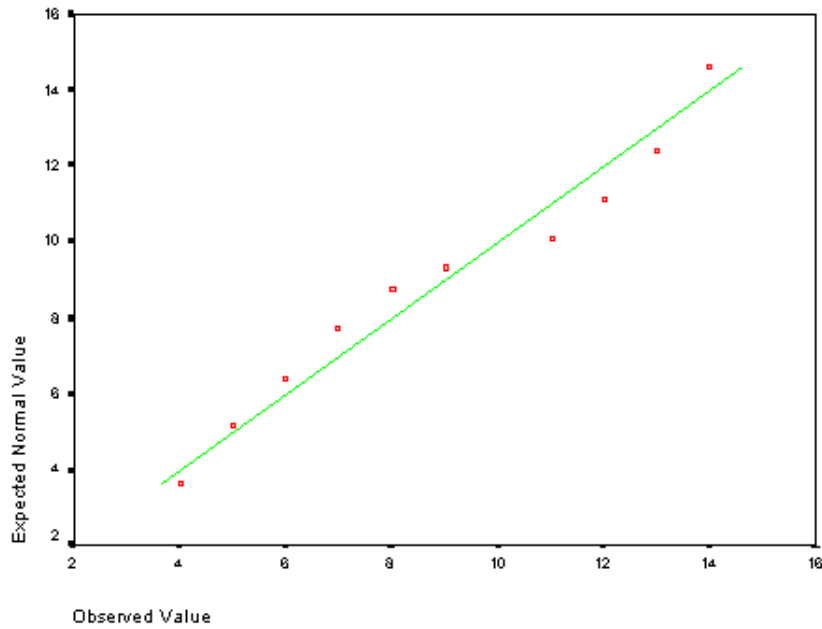
- a. ANOVA veronderstelt dat de populaties normaal verdeeld zijn met eventueel verschillende gemiddelden, maar met dezelfde standaardafwijking. Tekenen voor elke groep een normaal-kwantiel-plot. Zijn de groepen normaal verdeeld?



Normal Q-Q Plot of SCORE



Normal Q-Q Plot of SCORE



Alle drie groepen zijn normaal verdeeld. We mogen de een-factor ANOVA-toets dus toepassen.

- b. Bepaal voor elke groep (B, D en S) het gemiddelde en de standaarddeviatie. Wat is de verhouding van de grootste tot de kleinste standaarddevi-

atie? Zal toepassing van de ANOVA-toets betrouwbare resultaten geven?

Groep	Gemiddelde	St. Dev.
1	10.50	2.97
2	9.73	2.69
3	9.14	3.34

De verhouding van de grootste standaarddeviatie tot de kleinste standaarddeviatie is  $3.34/2.69 = 1.24$ , wat kleiner is dan 2. We mogen ervan uitgaan dat de drie populaties gelijke standaarddeviaties hebben. Toepassing van de ANOVA-toets zal betrouwbare resultaten geven.

- c. Geef de een-factor ANOVA-tabel. Formuleer  $H_0$  and  $H_a$ . Wat is je conclusie?

	Kwadratensom	Aantal vrijheidsgraden	Gemiddelde kwadraten-som	F-grootheid	P-waarde
Between Groups	20.576	2	10.288	1.132	0.329
Within Groups	572.455	63	9.087		
Totaal	593.030	65			

$H_0$  :  $\mu_B = \mu_D = \mu_S$

$H_a$  : ( $\mu_B <> \mu_D$ ) of ( $\mu_B <> \mu_S$ ) of ( $\mu_D <> \mu_S$ )

De P-waarde is de kans, berekend onder de aanname dat  $H_0$  waar is, dat F een waarde zou aannemen die even extreem is als of nog extremer is dan 1.132. Hoe kleiner de P-waarde, hoe sterker het door de data tegen  $H_0$  geleverde bewijs. Omdat 0.329 groter is dan 0.05 wordt  $H_0$  aangenomen. De drie populaties hebben dus gelijke gemiddelden.

- d. Analyseer het contrast '(D en S) vs. B'. Toets of (D en S) hogere gemiddelde scores hebben dan B. Geef  $H_0$  en  $H_a$ , de t-waarde, de P-waarde, en de conclusie.

Contrast: (D en S) vs. B.

$H_0$ :  $0.5(\mu_2 + \mu_3) = \mu_1$

$H_a$ :  $0.5(\mu_2 + \mu_3) > \mu_1$

De t-waarde is gelijk aan -1.357 en de bijbehorende tweezijdige P-waarde is gelijk aan 0.180. Omdat we willen onderzoeken of de scores van groep D en S significant hoger zijn dan van groep B en we dus rechtseenzijdig willen toetsen, en omdat de t-waarde negatief is, is de P-waarde:  $1 - (0.180/2) = 0.91$ . De kans, berekend onder de aanname dat  $H_0$  waar is, dat t een waarde zou aannemen die even extreem is als of nog extremer is dan -1.357 is gelijk aan 0.91. Omdat 0.91 groter is dan 0.05, wordt  $H_0$  aangenomen. De conclusie is dat het gemiddelde van de gemiddelde scores van groep D en groep S niet significant hoger is dan het gemiddelde van groep B.

- e. Analyseer het contrasten 'D vs. S'. Toets of de gemiddelde scores van D ongelijk zijn aan de gemiddelde scores van S. Geef  $H_0$  en  $H_a$ , de t-waarde, de P-waarde, en de conclusie.

Contrast: 2 vs. 3.

$H_0$ :  $\mu_2 = \mu_3$

$H_a: \mu_{2} <> \mu_{3}$

De t-waarde is gelijk aan -0.650 en de bijbehorende tweezijdige P-waarde is gelijk aan 0.518. We willen ook tweezijdig toetsen omdat we willen onderzoeken of de scores van groep D significant ongelijk zijn aan de scores van groep S. De kans, berekend onder de aanname dat  $H_0$  waar is, dat t een waarde zou aannemen die even extreem is als of nog extremer is dan -0.650 is gelijk aan 0.518. Omdat 0.518 groter is dan 0.05, wordt  $H_0$  aangenomen. De conclusie is dat de reactietijden van groep D niet significant verschillen van de reactietijden van groep S.

- f. Voer de Bonferroni-test uit met  $\alpha=0.05$ . Van welke groeps-paren zijn de leden significant verschillend?

Er zijn geen groeps-paren waarvan de leden significant verschillend zijn.