

KEUZES BIJ MULTITASKEN EN DE INVLOED VAN MOTIVATIE

Bachelorproject

Annelies Brands, sxxxxxxx, abrands@xs4all.nl

Samenvatting: Er zijn veel factoren die invloed hebben op de keuzes die mensen maken bij multitasken. Twee factoren die onderzocht werden in dit experiment zijn de mate van conflict tussen taken en de rol van motivatie op keuzes en performance in multitasken. Het onderzoek bouwt voort op het experiment van Nijboer et al. (2012) waarbij proefpersonen konden kiezen uit een van twee secundaire taken (tonen tellen of een tracking taak) bij een gegeven primaire taak (een 10-cijferige aftreksom). De aanname is dat mensen bij het kiezen van een combinatie van taken op zoek gaan naar de combinatie die het minste conflict oplevert. Het experiment is geoptimaliseerd en er is een tweede blok toegevoegd met dezelfde taken, maar andere instructies aangaande motivatie. Het overgrote deel van de proefpersonen heeft in het eerste blok de optimale combinatie van taken gevonden. In het tweede blok veranderden de taakkeuze en performance niet significant.

1. Inleiding

Multitasken is een begrip in de huidige samenleving. Alles gaat en moet steeds sneller. Daarbij kan het uitvoeren van twee of meer taken tegelijk tijdswinst opleveren, zeker na wat training (Dux et al., 2009). Sommige taken kunnen we goed tegelijkertijd uitvoeren, zoals wandelen en een conversatie voeren. Maar in het geval van studeren en ondertussen je laptop gebruiken bijvoorbeeld kan multitasken niet goed gaan en verkeerde effecten hebben (Hembrooke & Gay, 2003). Hoe goed zijn mensen in het kiezen van een optimale combinatie van taken? En hoe beïnvloedt motivatie deze keuzes?

Een van de factoren waar dit onderzoek naar heeft gekeken is de mate van conflict in het gebruik van resources van de verschillende taken. Volgens de theorie van Threaded Cognition (Salvucci & Taatgen, 2008) bepaalt dit of taken wel of niet goed tegelijk uitgevoerd kunnen worden. De theorie stelt dat er verschillende cognitieve resources zijn (bijv. Een auditieve resource, motor control resource, werkgeheugen) en bij uitvoering van een taak maakt dit proces gebruik van een of meer van die resources. Een resource kan maar door één proces tegelijkertijd gebruikt worden. Daarnaast is er een overlappende allocatie-resource die per tijdseenheid bepaalt welk proces op dat moment gebruik maakt van welke resource. Als twee processen op hetzelfde tijdstip gebruik willen maken van dezelfde resource ontstaat er een conflict en leidt dit tot een afname in performance op beide taken.

Nijboer, Taatgen en Van Rijn (2012) hebben aan de hand van deze theorie geprobeerd de vraag te beantwoorden of mensen bij het multitasken voor een combinatie kiezen die de minste resource-conflicten oplevert en of die combinatie ook daadwerkelijk tot een betere performance leidt. Hun tweede experiment is de basis van dit onderzoek en zal daarom in onderstaande alinea toegelicht worden.

1.1. Multitasking experiment

Proefpersonen in het experiment moesten een vaste primaire taak uitvoeren, namelijk aftreksommen met tien kolommen. Daarnaast kozen ze aan het begin van elke trial een tweede taak, waarbij ze konden kiezen uit een tracking taak of het tellen van tonen.

De aftreksom (Borst, Taatgen & Van Rijn, 2010) met tien kolommen werd per cijfer uitgevoerd van rechts naar links. Er waren twee condities: In de makkelijke conditie was het bovenste getal altijd groter dan het onderste getal. Proefpersonen hoefden dan dus geen cijfers te onthouden om een kolom op te lossen. Het oplossen van deze sommen maakt gebruik van de visuele en manuele resource. In de moeilijke conditie moest bij zes van de tien kolommen een cijfer onthouden worden om de volgende kolom op te kunnen lossen. Hierbij is naast de visuele en manuele resources ook het werkgeheugen nodig om te som op te lossen.

De tracking taak (Martin-Emerson & Wickens, 1992) bestond uit het behouden van een stip binnen een cirkel m.b.v. een trackball. Het uitvoeren van deze taak vergt het gebruik van visuele en manuele resources.

De tonen-tellen taak kregen proefpersonen tonen te horen door een koptelefoon. Als ze klaar waren met het oplossen van de aftreksom werd de proefpersonen gevraagd om het aantal tonen in te voeren dat ze gehoord hadden. De uitvoering van deze taak maakt gebruik van de auditieve resource en het werkgeheugen.

Volgens deze gegevens zou de makkelijke aftreksom het beste te combineren zijn met het tonen tellen, omdat daar geen resource conflict is. Bij de moeilijke aftreksom is er een conflict met beide secundaire taken. Uit eerder onderzoek (Borst et al., 2010) blijkt dat een conflict in het werkgeheugen een erger conflict is dan een conflict in visuele of manuele resources. Dus zou de moeilijke aftreksom beter te combineren zijn met de tracking taak dan met het tonen tellen.

Deze bevindingen komen overeen met de resultaten uit het experiment. Echter er kwamen ook een aantal dingen naar boven die verder onderzoek vereisten. Uit de resultaten bleek dat de tracking taak net zo goed met de makkelijke als de moeilijke aftreksom te combineren was. De grootte van het visuele conflict tussen de makkelijke som en de tracking taak is niet in balans met de grootte van het werkgeheugenconflict bij de combinatie van de moeilijke som met het tonen tellen. Daarnaast bleek uit de resultaten dat slechts de helft van de proefpersonen een leerproces richting de optimale keuze vertoonde, waarbij de andere helft van de proefpersonen vaak stug dezelfde tweede taak bleef kiezen of op (schijnbaar) willekeurige momenten switchte.

In dit onderzoek is een tweetal aanpassingen gedaan aan bovenstaand experiment. Ten eerste is de makkelijke aftreksom visueel gedegradeerd, waardoor het gebruik van de visuele resource meer bijdraagt aan het vinden van de oplossing van de som, omdat het meer moeite kost de cijfers te identificeren. Er wordt verwacht dat op deze manier meer conflict ontstaat in de visuele resource met de combinatie tracking. Hierdoor wordt het kiezen van tracking als secundaire taak nog aantrekkelijker bij de moeilijke aftreksom dan bij de makkelijke som.

In het experiment van Nijboer, Taatgen en Van Rijn werd de moeilijkheidsgraad van de

secundaire taak hoger (tot een maximum) naarmate een secundaire taak herhaaldelijk werd gekozen. Hierover waren de proefpersonen niet geïnformeerd. De tweede aanpassing van het experiment bestond uit het geven van instructies aan proefpersonen over deze moeilijkheidsgraad. De verwachting is dat dit proefpersonen overhaalt om nog meer op zoek te gaan naar een optimale combinatie.

1.2. Motivatie

Naast de zoektocht naar een combinatie met de minste conflicten spelen meer dingen een rol in het kiezen bij multitasken. De motivatie om een secundaire taak uit te voeren naast een primaire taak en de nadruk die op de verschillende taken gelegd wordt zijn samen een andere belangrijke factor.

Een voorbeeld van Cnossen et al. (2007): Automobilisten hebben als primaire taak het besturen van een auto. Er wordt een andere nadruk gelegd op een secundaire taak die niets met autorijden te maken heeft dan op een secundaire taak die bijdraagt aan het beter besturen van een auto. Hockey (1997) toonde aan dat onder stress mensen prioriteiten gaan stellen aan taken en de efficiëntie een andere rol gaat spelen.

Er kunnen dus allerlei redenen zijn om te multitasken, om daarin bepaalde keuzes te maken en een bepaalde taak belangrijker te vinden dan een andere taak. Het is interessant om te onderzoeken in hoeverre een verschil in motivatie invloed heeft op de keuzes die proefpersonen maken in dit experiment. Wat gebeurt er met de keuzes en de performance op het moment dat de instructie is dat de performance op slechts een van de twee taken belangrijk is? Daarom is een tweede experimenteel onderdeel toegevoegd aan het experiment. In dit gedeelte werd de instructie over het maken van de juiste keuze veranderd ten opzichte van het eerste gedeelte, om zo een andere motivatie teweeg te brengen. Om het daadwerkelijke verschil te testen werden de proefpersonen in twee groepen opgedeeld: een experimentele groep en een controlegroep. De controlegroep kreeg in het tweede gedeelte dezelfde instructies als in het eerste gedeelte.

De verwachting is dat de verschillende instructies bijdragen aan een verschil in keuze en

ook een verschil in performance, omdat de nadruk op de taken anders ligt.

1.3. Hypothesen

Conflictreductie en motivatie zijn de twee factoren van het multitasken die in dit experiment onderzocht zijn. Daaruit zijn twee grote hypothesen af te leiden. De eerste gaat over het eerste experimentele blok. De verwachting is dat de makkelijke aftreksom het meest wordt gecombineerd met het tonen tellen en dat de moeilijke aftreksom gecombineerd wordt met de tracking taak. Aanvullend is de verwachting dat de secundaire taken zoals op bovenstaande manier gecombineerd een hogere performance opleveren dan andersom gecombineerd.

De tweede grote hypothese is dat in het tweede experimentele deel de keuzes en performances significant veranderen ten opzichte van de controle groep en ook ten opzichte van het eerste experimentele deel. De verwachting is dat de performance op de primaire taak toe zal nemen en de performance op de secundaire taken af zal nemen.

2. Methode

2.1. Participanten

30 proefpersonen (15 mannen, gem. leeftijd: 20.9, sd: 2.07) participeerden in het experiment tegen een geldelijke beloning. Van tevoren werd een toestemmingsverklaring verkregen. Beide groepen voerden hetzelfde eerste deel van het experiment uit. 15 proefpersonen voerden het tweede deel uit in de experimentele conditie en 15 proefpersonen voerden het tweede deel uit in de controleconditie.

2.2. Systeem

Er werd steeds een combinatie uitgevoerd van een aftreksom en een secundaire taak (tonen tellen of tracking). De aftreksom kon makkelijk (zonder onthouden) of moeilijk (met onthouden) zijn. Het lettertype van de makkelijke aftreksom was 'Mlurmlly' en er waren horizontale lijnen met van 3-punts dikte over de cijfers heen getrokken (zie figuur 2.1).

De proefpersonen kregen bij de aftreksom alleen tijdens het oefenen feedback doordat het cijfer groen (bij een goed antwoord)

of rood (bij een fout antwoord) kleurde. Bij tracking kreeg de proefpersoon feedback in de vorm van een piep als de stip buiten de cirkel ging en aan het eind werd het percentage van de tijd weergegeven waar de stip binnen de cirkel was gebleven. Bij het tonen tellen moesten proefpersonen op een muisknop klikken als ze een toon gehoord hadden om te voorkomen dat ze met hun handen mee gingen tellen. Als ze aan het eind het juiste aantal tonen hadden ingevoerd verscheen het woord 'correct' in beeld, anders 'wrong'.

2.3. Design en procedure

Het experiment bestond uit een oefenblok en twee experimentele blokken. In het oefenblok voerden proefpersonen de drie taken los van elkaar uit, 16 aftreksommen (waarvan 8 makkelijk en 8 moeilijk), een keer tonen tellen en een keer tracking. Het tweede blok bestond uit 60 trials waarbij de primaire taak (de aftreksom) per zes trials willekeurig drie makkelijke en drie moeilijke sommen bevatte. Beide condities kwamen dus drie keer per zes trials voor. Elke trial moesten proefpersonen kiezen uit de twee taken welke ze als secundaire taak wilden uitvoeren. Ze kregen hierbij de instructie voor die secundaire taak te kiezen die het mogelijk zou maken beide taken goed uit te kunnen voeren. De moeilijkheidsgraad van de secundaire taak hing af van de keuzegeschiedenis. Het derde blok bestond uit 18 trials die precies hetzelfde vormgegeven waren als in het tweede blok. De moeilijkheidsgraad van de secundaire taak werd weer op het startlevel gezet en dit werd ook aan beide groepen proefpersonen bekend gemaakt. Proefpersonen in de experimentele conditie kregen aanvullende instructies om zich in het laatste blok alleen nog te focussen op het goed uitvoeren van de primaire taak. De duur van het experiment was bij beide groepen ± 75 minuten.

2.4. Analyse

Bij het analyseren is alleen de data van de twee experimentele blokken meegerekend. De data van twee proefpersonen is uitgesloten van de analyse. Een proefpersoon heeft door een fout in het systeem niet precies hetzelfde experiment gedaan als de rest van de proefpersonen. Een andere proefpersoon heeft halverwege het

experiment opgegeven door van tevoren al aanwezige gezondheidsklachten.

De testresultaten komen van de resultaten uit Linear Mixed Effect Models, daar wordt rekening gehouden met de distributie van de data, die nominaal is. Daarnaast is dit een geschikte methode omdat er geen gelijk aantal observaties is per variabele.

Bij de analyse van het eerste experimentele deel is gekeken naar de resultaten in frequenties van de verschillende keuzes afhankelijk van de conditie van de aftreksom en het verloop van de keuzes over de trials. Als tweede werd de performance op de taken geanalyseerd. Hiervoor zijn de resultaten van de taken samengevat. De performance op de aftreksommen werd gegenereerd uit een gemiddelde van het aantal juist ingevoerde cijfers per trial gedeeld door het aantal cijfers (tien). Per proefpersoon werd een gemiddelde berekend van alle trials en uiteindelijk een gemiddelde performance van alle proefpersonen samen. De performance op het tonen tellen werd gegenereerd door het percentage juist ingevoerde aantal tonen per proefpersoon over de trials. De performance op de tracking taak bestaat uit het percentage van de tijd dat de stip zich binnen de cirkel bevond gedurende de trial.

Het tweede experimentele deel is op dezelfde manier geanalyseerd, waarbij ook een vergelijking is gemaakt tussen de experimentele groep en de conditiegroep.

Als laatste worden de resultaten van het tweede experimentele deel vergeleken met het eerste experimentele deel.

3. Resultaten

Tabel 3.1 geeft de keuzepercentages van het eerste experimentele blok weer. Hier is duidelijk zichtbaar dat proefpersonen gemiddeld veel vaker voor tonen tellen kiezen bij de makkelijke aftreksommen en gemiddeld veel vaker voor tracking bij de moeilijke sommen. Dit verschil bleek significant uit de resultaten van een LME op de keuze voor tracking met fixed effect de moeilijkheid van de som en als random effect proefpersoon ($\beta = 1.89$, $SE = 0.11$, $p < 2 \cdot 10^{-16}$). Dit onderschrijft de hypothese. Op de tracking taak wordt beter gepresteerd in combinatie met de moeilijke som (82%) dan in combinatie met de

makkelijke som (68%). Tonen tellen gaat duidelijk veel beter in combinatie met de makkelijke som (64%) dan in combinatie met de moeilijke som (35%). Het verschil in performance is significant, zo blijkt uit een LME op de performance met fixed effect de moeilijkheid van de som. ($\beta = -1.19$, $SE = 0.2$, $p = 4.1 \cdot 10^{-9}$) voor de performance op het tellen en ($\beta = 0.51$, $SE = 0.2$, $p < 0.05$).

Vergeleken met het originele experiment (Nijboer et al, 2012) past een veel groter gedeelte van de proefpersonen zich aan de conditie van de aftreksom aan bij het maken van een keuze. Er waren slechts vier proefpersonen die constant dezelfde secundaire taak kozen. Met de resultaten van die proefpersonen weggelaten zijn in figuur 3.1 de keuzepercentages weergegeven over de trials. Hier is het leerproces goed zichtbaar: na verloop van tijd wordt bijna altijd de optimale keuze gemaakt.

Tabel 3.2 en 3.3 laten de keuzepercentages zien van de twee groepen in het tweede experimentele blok. In de controlegroep worden extremere keuzes gemaakt dan in de experimentele groep. Een LME op de keuze voor tracking met fixed effect de moeilijkheid van de som en de groep laat geen significant effect zien van moeilijkheid van de som en de groep ($\beta = 0.17$, $SE = 0.21$, $p = 0.82$).

Wel is er een verschil in de performance op de aftreksommen tussen de twee groepen in het tweede experimentele deel. Een LME op de performance op de sommen met fixed effect de moeilijkheid van de som en de groep laat een significant effect zien ($\beta = 1.1$, $SE = 0.5$, $p = 0.03$). Op de makkelijke som wordt slechter gepresteerd en op de moeilijke som wordt beter gepresteerd. Er zijn geen significante verschillen gevonden bij de performance op de tracking taak ($\beta = 0.46$, $SE = 0.82$, $p = 0.58$) en het tonen tellen ($\beta = -1.1$, $SE = 0.94$, $p = 0.22$), bij uitvoering van een LME op dezelfde manier als bovenstaand. Vergeleken met het eerste blok lijken de keuzes in het tweede experimentele deel extremer gemaakt te zijn. Het verschil in keuzepercentage wijst niet op een belangrijk effect maar valt in de oplopende lijn van het beter maken van de keuzes in verloop van de trials. Verder zijn er geen significante verschillen gevonden bij de performance op de aftreksommen ($\beta = 0.36$, $SE = 0.57$, $p = 0.52$),

het tonen tellen ($\beta = -1.36$, $SE = 0.95$, $p = 0.15$) en op de tracking taak ($\beta = -0.17$, $SE = 0.9$, $p = 0.85$) vergeleken met het eerste blok.

	Makkelijke som	Moeilijke som
%Tracking	0.34	0.75
%Tonen tellen	0.66	0.25

Tabel 3.1: Percentage keuze voor secundaire taak in eerste experimentele blok, afhankelijk van de conditie van de som.

	Makkelijke som	Moeilijke som
%Tracking	0.29	0.83
%Tonen tellen	0.71	0.17

Tabel 3.2: Percentage keuze voor secundaire taak in tweede experimentele blok, experimentele groep, afhankelijk van de conditie van de som.

	Makkelijke som	Moeilijke som
%Tracking	0.14	0.79
%Tonen tellen	0.88	0.21

Tabel 3.3: Percentage keuze voor secundaire taak in tweede experimentele blok, controlegroep, afhankelijk van de conditie van de som.

4. Conclusie

Als de conditie van de aftreksom verandert van de makkelijke naar de moeilijke aftreksom is er een duidelijke omslag in de voorkeur voor de secundaire taak. Dit resultaat kan het idee bevestigen dat mensen goed een effectieve keuze kunnen maken bij het multitasken. De resultaten op de secundaire taken afhankelijk van de conditie van de som bevestigen de hypothese dat de performance op de tracking taak het hoogste is in combinatie met de moeilijke aftreksom en de performance op het tonen tellen het hoogste in combinatie met de makkelijke aftreksom. De verwachte conflicten in resources kloppen dus. Vergeleken met het originele experiment heeft de aanpassing van de makkelijke aftreksom het verwachte effect gehad. Dit suggereert ook een bevestiging van de bevindingen van Borst et al.

(2010) dat een conflict in het werkgeheugen in eerste instantie zwaarder weegt dan een conflict in de visuele resource. Door de verzwaring van het visuele conflict kwamen deze conflicten in balans en geven de resultaten een beter beeld van de situatie.

Er waren aanmerkelijk minder proefpersonen die steeds dezelfde secundaire taak kozen, de 'no-switchers' zoals Nijboer ze noemde in het originele experiment. Het grootste gedeelte van de proefpersonen paste hun keuze aan de conditie van de som aan en maakte een rationele keuze. Het bewust zijn van de oplopende moeilijkheidsgraad van de secundaire taak bij het herhaaldelijk kiezen van deze taak kan hieraan bijgedragen hebben. De resultaten suggereren dat proefpersonen meer hun best deden om zich aan te passen dan dat ze dat deden in het originele experiment. Wat dat betreft voldoen de resultaten aan de verwachtingen. Het zou ook kunnen zijn dat alleen de manipulaties op de makkelijke aftreksom tot dit gedrag heeft geleid. Het feit dat bepaalde combinaties van taken nu moeilijker werden maakte het misschien op zichzelf al minder makkelijk om steeds dezelfde taak te blijven kiezen.

De resultaten die voortvloeiden uit het tweede deel van het experiment waren minder duidelijk te interpreteren. De keuzes werden extremer in het tweede blok (nét iets vaker tracking bij de moeilijke som en nét iets vaker tonen tellen bij de makkelijke som), maar dit is lastig te relateren aan de verandering in instructies. De keuzestrategie van proefpersonen veranderde niet zichtbaar evenals de performances op de afzonderlijke taken, zowel niet ten opzichte van de controlegroep als het eerste deel van het experiment. Als er al zichtbare effecten waren gingen die tegen de verwachtingen in die van tevoren gevormd waren uit de theorie. Een aantal verklaringen zijn hiervoor mogelijk. De proefpersonen hadden in het eerste blok net 60 keer taakcombinaties geoefend en kwamen in de meeste gevallen al tot een optimale combinatie zodat beide taken goed uit te voeren waren, zoals volgens de instructies. Dat betekent dat ze bij die combinaties dus ook prima in staat waren om de aftreksommen goed op te lossen, waardoor het misschien niet aantrekkelijk was om nog van keuzestrategie te

veranderen op het moment dat alleen nog een hoge performance op de aftreksom gevraagd werd. Die was immers toch al prima. Maar dit verklaart niet waarom de performance op de secundaire taken niet naar beneden gaat en de performance op de aftreksommen niet omhoog. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de verandering in instructies niet genoeg verandering in motivatie oplevert. Het kan zijn dat de manipulatie niet sterk genoeg was. In verder onderzoek zou dit verbeterd kunnen worden door bijvoorbeeld te belonen als de aftreksom goed uitgevoerd wordt. Proefpersonen zijn daarnaast misschien al gewend aan het goed uitvoeren van beide taken, ze hebben immers net een training van 60 trials gehad. Als het minder goed uitvoeren van de secundaire taak niet een veel beter resultaat op de aftreksom oplevert was het misschien makkelijker om gewoon door te gaan met de manier waarop ze dat de afgelopen 60 trials al gedaan hadden. En ook was er überhaupt niet veel verbetering in het uitvoeren van de aftreksom mogelijk. Het is dus moeilijk om veel over de invloed van motivatie te zeggen aan de hand van deze resultaten. Wel wordt zichtbaar dat manipulatie op een plek in het experiment zoals in dit experiment en van deze aard weinig invloed heeft op de keuzes die proefpersonen hebben gemaakt en dus weinig tot niets heeft verandert in de motivatie. Verder onderzoek naar motivatie bij dit experiment zou kunnen gaan in de richting van een ander design aangaande verschillende blokken met verschillende instructies. Ook zou een suggestie zijn om de instructies duidelijker van elkaar te laten verschillen, of om bijvoorbeeld eerst de nadruk te leggen op een van de twee taken en later op de combinatie van de taken. Als laatste zou een suggestie kunnen zijn om proefpersonen ook de mogelijkheid te geven om te single-taken, ze moesten in dit experiment immers verplicht multitasken.

De keuze-resultaten en losse performances suggereren een bevestiging van de theorie over de conflicten in resources volgens de Threaded Cognition theorie. Mensen zijn zich bewust van deze conflicten in het maken van hun keuzes en op het moment dat de conflicten groter worden past hun keuze zich hierin aan. Die gevoeligheid kan niet het enige zijn dat

meetelt in de keuze-overweging, omdat het gewicht van de conflicten afhankelijk is van de grootte van het conflict. Maar het feit dat mensen zich er blijkbaar van bewust zijn en hun keuzes hierop aanpassen suggereert rationele invloeden op multitasken.

Veel indicatoren suggereren dat het niet kunnen aantonen van een effect bij verandering in motivatie te maken had met het ontwerp van het experiment. Daarom is aangaande motivatie in multitasken bij dit experiment meer onderzoek nodig, omdat het interessant blijft hoe motivatie een rol speelt bij het maken van keuzes in multitasken.

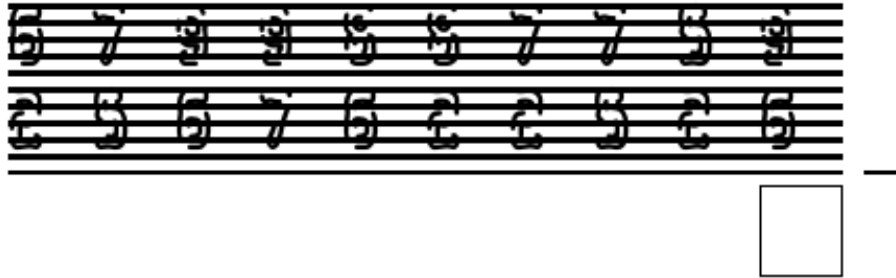
Dit onderzoek heeft geprobeerd een licht te werpen op de suggestie van twee factoren om invloed te hebben op de keuzes die gemaakt worden bij het multitasken. Er spelen nog veel meer factoren mee bij dit onderwerp, zeker als keuzes gemaakt moeten worden in een dynamische omgeving zoals de echte wereld. Dit onderzoek hoopt een kleine bijdrage te leveren op de zoektocht naar inzicht in dit bijzondere berip.

Mensen zullen altijd de neiging blijven hebben om zoveel mogelijk in een zo kort mogelijke tijd uit te voeren, ook als het niet goed gaat. Wie weet levert inzicht in de processen hieromheen ooit oplossingen voor de moeilijkheden van multitasken.

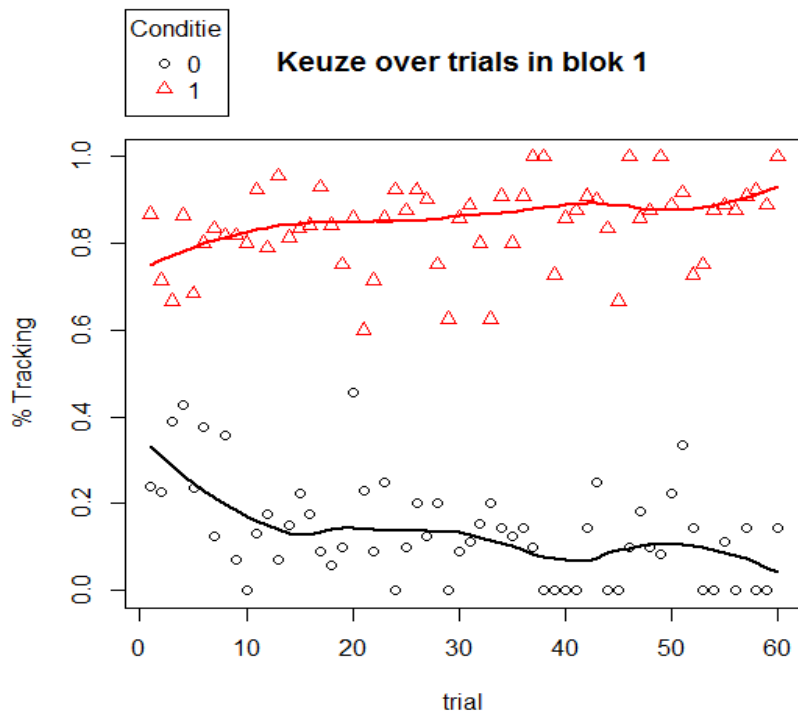
Referenties

- Borst, J. P., Taatgen, N. A., Stocco, A., & Van Rijn, H. (2010). The neural correlates of problem states: testing fMRI predictions of a computational model of multitasking. *PLoS ONE*, 5(9), e12966.
- Borst, J. P., Taatgen, N. A., & Van Rijn, H. (2010). The problem state: a cognitive bottleneck in multitasking. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 36(2), 363–382.
- Cnossen, F., Meijman, T. & Rothengatter, T. (2007). Adaptive strategy changes as a function of task demands: a study of car drivers. *Ergonomics*, 47(2), 218-236.
- Dux, P. E., Tombu, M. N., Harrison, S., Baxter, P. R., Tong, F., Marois, R. (2009). Training improves multitasking performance by increasing the speed of information

- processing in human prefrontal cortex. *Neuron*, 63(1), 127-138.
- Hembrooke, H., & Gay, G. (2003). The laptop and the lecture: The effects of multitasking in learning environments. *Journal of Computing in Higher Education*, 15(1), 46-64.
- Hockey, G.R.J. (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive-energetical framework. *Biological Psychology*, 45, 73-93.
- Martin-Emerson, R., & Wickens, C. D. (1992). The vertical visual field and implications for the head-up display. *Human Factors Society, Annual Meeting, 36th*. pp. 1409-1412.
- Nijboer, M., Taatgen, N. A. & Van Rijn, H. (submitted). Rational multitasking: Do people make intelligent choices when concurrently performing tasks?
- Salvucci, D. D., & Taatgen, N. A. (2008). Threaded cognition: an integrated theory of concurrent multitasking. *Psychological Review*, 115(1), 101-130.



Figuur 2.1: Voorbeeld van een makkelijke aftreksom.



Figuur 3.1: De keuze voor secundaire taken uiteengezet tegen de trials, afhankelijk van de conditie van de som (zwart,0 → makkelijke aftreksom, rood,1 → moeilijke aftreksom).