KU LEUVEN

FACULTEIT PSYCHOLOGIE EN
PEDAGOGISCHE WETENSCHAPPEN

Weet ik het zeker?

Metacognitie en informatiezoekgedrag bij kinderen van 8 tot 10 jaar: een experimenteel onderzoek

Masterproef aangeboden tot het verkrijgen van de graad van Master of Science in de pedagogische wetenschappen door

Nele Delie

Promotor: Prof. dr. Bert De Smedt

Copromotoren: Prof. dr. Kobe Desender
Dr. Elien Bellon

m.m.v.: Dr. Hélène Van Marcke

2025

KU LEUVEN

Copyright informatie:

studiewerk van een student in het kader van de academische opleiding en examenbeoordeling.

Na deze beoordeling vond geen correctie plaats van het studiewerk.

KU LEUVEN

FACULTEIT PSYCHOLOGIE EN
PEDAGOGISCHE WETENSCHAPPEN

Weet ik het zeker?

Metacognitie en informatiezoekgedrag bij kinderen van 8 tot 10 jaar: een experimenteel onderzoek

Masterproef aangeboden tot het verkrijgen van de graad van Master of Science in de pedagogische wetenschappen door

Nele Delie

Promotor: Prof. dr. Bert De Smedt

Copromotoren: Prof. dr. Kobe Desender
Dr. Elien Bellon

m.m.v.: Dr. Hélène Van Marcke

2025

Samenvatting

Beslissingen maken integraal deel uit van ons dagelijks leven, ook bij kinderen. Bij elke beslissing ervaren we een gevoel van zekerheid of twijfel, ook wel beslissingsvertrouwen genoemd. Dit vertrouwen helpt ons om ons eigen gedrag bij te sturen, zoals het al dan niet zoeken naar extra informatie. Het vermogen om onze eigen beslissingen te evalueren en daarop gedrag en keuzes af te stemmen is een vorm van metacognitie. Er is nog weinig bekend over hoe kinderen deze metacognitieve vaardigheden inzetten bij perceptuele besluitvorming. Dit vormt een belangrijk hiaat gezien de rol van metacognitie voor zelfregulerend leren en academisch succes.

In deze masterproef werd onderzocht in welke mate kinderen metacognitieve monitoring (beslissingsvertrouwen) gebruiken om hun metacognitieve controle te sturen (informatie zoeken). Daarnaast werd nagegaan hoe de accuraatheid van hun keuzes en metacognitieve efficiëntie (hoe goed hun vertrouwen overeenkomt met hun prestaties) deze keuzes mee beïnvloeden. Hiervoor namen 91 kinderen uit het vierde leerjaar van de lagere school deel aan een fijnmazige, experimentele perceptuele taak. In deze taak moesten de kinderen telkens een keuze maken tussen twee visuele stimuli, vervolgens hun vertrouwen in die keuze inschatten, en tot slot beslissen of ze de stimuli opnieuw wilden bekijken alvorens hun definitieve antwoord te geven. Dit design maakte het mogelijk om op gedetailleerd niveau te analyseren hoe vertrouwen, accuraatheid en informatiezoekgedrag met elkaar samenhangen. Bovendien werd er gebruikgemaakt van modelgebaseerde maten om metacognitieve efficiëntie te meten (M-ratio en V-ratio), los van taakmoeilijkheid of bias.

Dit onderzoek toonde aan dat kinderen in staat zijn om hun beslissingen te monitoren en daar via metacognitieve controle op te reageren. Kinderen zochten vaker extra informatie wanneer zij minder vertrouwen hadden in hun keuze of wanneer die keuze fout bleek te zijn. Beslissingsvertrouwen bleek een sterkere voorspeller van informatiezoekgedrag dan de objectieve accuraatheid van de keuze. Hoewel kinderen hun prestaties al deels kunnen inschatten, wezen de resultaten ook op een algemene tendens tot overmoed en een suboptimale metacognitieve efficiëntie. Kinderen met een hogere metacognitieve efficiëntie pasten hun informatiezoekgedrag beter aan naar de juistheid van hun keuzes. Dit ondersteunt het belang van een goed samenspel tussen metacognitieve monitoring en controle voor effectieve besluitvorming.

Dit onderzoek draagt bij aan het begrijpen van de ontwikkeling van metacognitie en besluitvorming bij kinderen en wijst op het belang van het gebruik van verfijnde metingen in toekomstig onderzoek naar de ontwikkeling van metacognitieve vaardigheden.

Dankwoord

Met het afronden van deze masterproef komt ook mijn opleiding Pedagogische Wetenschappen tot een einde. De afgelopen jaren vormden een intense en leerrijke periode, met daarin heel veel momenten van vreugde, frustratie, piekeren over kleine en grote zorgen maar vooral ook een tijd waarin ik zowel op persoonlijk als professioneel vlak gegroeid ben. Graag wil ik een aantal mensen bedanken die elk op hun manier hebben bijgedragen aan het tot stand komen van deze masterproef.

In de eerste plaats wil ik mijn promotor, Prof. dr. Bert De Smedt, en copromotor, Prof. dr. Kobe Desender, van harte bedanken voor hun begeleiding, waardevolle feedback en kritische blik doorheen het hele proces. Dankzij hun ondersteuning kon ik mijn werk naar een hoger niveau tillen. Daarnaast ben ik ook dr. Elien Bellon en dr. Hélène Van Marcke dankbaar voor hun waardevolle ondersteuning bij het uitwerken en de praktische uitvoering van de experimentele taak bij de kinderen.

Een bijzondere dank gaat uit naar de deelnemende scholen: Katholieke Vrije Basisschool De Wingerd in Bavikhove, Stedelijke Basisschool Zuid in Stasegem, Stedelijke Basisschool Noord in Hulste en de Katholieke Vrije Basisschool Kleine Vos in Ieper. Dankzij hun bereidwillige medewerking kon dit onderzoek plaatsvinden. Ik ben ook de leerkrachten erg dankbaar voor hun enthousiasme en hun bereidheid om lestijd vrij te maken voor het onderzoek. Natuurlijk wil ik ook de leerlingen en hun ouders die toestemming gaven bedanken om deel te nemen. Zonder hun medewerking was mijn dataverzameling niet gelukt.

Verder wil ik mijn familie, mijn zus en mijn broer bedanken. Zij stonden altijd klaar om een luisterend oor te bieden en om mij te helpen waar nodig. In het bijzonder gaat mijn dank uit naar mijn vriend, Jorre, voor zijn eindeloze geduld, aanmoediging, praktische steun en liefde tijdens deze studiejaren.

En tot slot, een heel bijzonder woord van dank aan mijn mama. Dankzij haar onvoorwaardelijke steun, haar geloof in mij en haar eindeloze inzet heb ik de kans gekregen om deze studies aan te vatten en succesvol af te ronden. Haar voorbeeld, doorzettingsvermogen en liefde vormden de basis waarop ik deze weg heb kunnen bewandelen.

Bedankt voor alles!

Nele

Toelichting aanpak en eigen inbreng

Het onderwerp van deze masterproef werd toegewezen via het lotingssysteem van de faculteit Psychologie en Pedagogische Wetenschappen (PPW). Na de loting volgde een eerste gezamenlijke bijeenkomst met mijn promotor, Prof. dr. Bert De Smedt, waarin een algemene kennismaking plaatsvond en de globale werkwijze werd toegelicht.

Kort daarop vond een eerste individuele bijeenkomst plaats, waarbij naast Prof. dr. De Smedt ook copromotor Prof. dr. Kobe Desender, dr. Elien Bellon en dr. Hélène Van Marcke aanwezig waren. Deze bijeenkomst vond plaats samen met medestudent Julie Tielemans, die via de lotingsprocedure hetzelfde onderwerp kreeg toegewezen. Tijdens dit overleg werd het verloop van de komende twee academiejaren besproken. Er werd toelichting gegeven bij de experimentele studie die eerder werd gebruikt in de masterproef “De invloed van veroudering op het evalueren van onze beslissingen” van Kazandjian en Keijers (2024) bij volwassenen en ouderen. We leerden dat wij deze experimentele studie zouden toepassen bij kinderen en adolescenten. Er werd samen beslist dat Julie en ik elk afzonderlijk onze masterproef zouden schrijven aangezien het onderwerp zich goed leende tot het opzetten van twee aparte masterproeven, waarbij ieder zelfstandig het onderzoek kon uitvoeren en uitwerken. Ik koos ervoor om mij te richten op de lagere schoolkinderen, omdat deze jonge groep mij erg boeit met betrekking tot het thema metacognitie. Tijdens het overleg werden ook de eerste afspraken gemaakt omtrent de voorbereiding van de dataverzameling.

Een week later volgde een demonstratie van de taak in PsychoPy, de software waarin het experiment geprogrammeerd was. We installeerden het programma vooraf op onze eigen laptops, zodat we tijdens de sessie gericht vragen konden stellen. Tijdens dit overleg bekeken we welke technische aanpassingen nodig waren om de taak op elke computer te kunnen laten uitvoeren.

In een daaropvolgend overleg werd samen nagedacht over hoe de taak aangepast kon worden voor de lagere schoolkinderen. In de periode van november tot december 2023 herschreef ik de instructies in kindvriendelijke taal en verwerkte ik de instructies in een piratenthema om de motivatie van de kinderen te verhogen. Vervolgens testte ik het experiment eerst zelf uit en daarna bij mijn zus en mama, om goed met het experiment te leren werken. Daarna nam ik het experiment als pilootstudie af bij vier kinderen. Ook mijn promotor Prof. dr. De Smedt nam het experiment af bij zijn dochter. Op basis van deze afnames bij kinderen werden enkele laatste aanpassingen gedaan aan het experiment. In december 2023 stelde ik, met feedback van dr. Elien Bellon, een draaiboek op voor de afname bij kinderen.

Gedurende het academiejaar 2023-2024 focuste ik vooral op de dataverzameling en het schrijven van de inleiding van mijn masterproef. Ik verdiepte mij in de literatuur over metacognitie en besluitvorming bij kinderen. In februari 2024 begon ik actief basisscholen te contacteren in de regio rond mijn woonplaats. Ik nam telefonisch en via e-mail contact op en bracht na toelating een bezoek aan de klassen om informatie- en toestemmingsbrieven mee te geven voor de ouders. In overleg met de leerkrachten van het vierde leerjaar werden momenten ingepland om het onderzoek te laten plaatsvinden. De effectieve dataverzameling vond plaats van maart tot en met april 2024. Tegelijkertijd werkte ik verder aan het eerste deel van mijn masterproef. Op 20 mei 2024 diende ik de eerste versie in van mijn onderzoeksvragen, methodologie, plan van data-analyse en globale planning voor het tweede masterjaar.

Het academiejaar 2024-2025 begon al in augustus. Ik ging opnieuw aan de slag met de literatuurstudie. Na een overlegmoment met Prof. dr. De Smedt, dr. Bellon en Prof. dr. Desender begon ik met het opmaken van een overzicht van de variabelen die nodig waren voor de data-analyse. Ondertussen werkte ik ook de literatuurstudie verder uit en verfijnde ik de beschrijving van de onderzoeksmethode.

De dataverwerking gebeurde in RStudio. Prof. dr. Desender bezorgde mij een script waardoor ik de datasets met de ruwe gegevens van alle participanten kon samenstellen. Op basis daarvan voerde ik zelfstandig de analyses uit. Nadien volgde het uitschrijven van de discussie, conclusie en samenvatting.

Tijdens het volledige proces kon ik rekenen op de uitgebreide inhoudelijke feedback van Prof. dr. De Smedt en Prof. dr. Desender. Zij namen meermaals de tijd om samen te zitten en verschillende aspecten van het onderzoek te bespreken. Ik ontving gerichte feedback via mail of op overlegmomenten en ik werd gestimuleerd om zelfstandig tot inzichten en oplossingen te komen. Hun begeleiding heeft mijn leerproces sterk bevorderd en droeg bij aan mijn groei als beginnend onderzoeker.

Inhoudsopgave

Samenvatting ..... **I**
Dankwoord ..... **II**
Toelichting aanpak en eigen inbreng ..... **III**
Lijst met tabellen ..... **VII**
Lijst met figuren ..... **VIII**

1 Inleiding **1**
1.1 Inleiding in metacognitie en informatiezoekgedrag 1
1.2 Metacognitie 2
1.3 Metacognitie bij kinderen 6
1.3.1 Metacognitieve monitoring 6
1.3.2 Metacognitieve controle 8
1.4 Meten van metacognitie 10
1.5 Modellen van besluitvorming 11
1.5.1 Signaaldetectietheorie (SDT) 12
1.5.2 Dynamische modellen 14
1.6 Metacognitieve efficiëntie 15
1.6.1 Meta d' raamwerk 15
1.6.2 V-ratio 16
1.7 Huidig onderzoek 17
1.8 Onderzoeksvragen 19
2 Methode **21**
2.1 Participanten 21
2.2 Materialen en stimuli 22
2.3 Visuele perceptietaak 22
2.4 Procedure 27
2.5 Uitkomstvariabelen 28
3 Resultaten **30**
3.1 Beschrijvende statistieken 30
3.1.1 Vertrouwen 30
3.1.2 Accuraatheid 30
3.1.3 Informatie zoeken 31
3.1.4 Verbanden tussen vertrouwen, accuraatheid en informatie zoeken 32

3.2 Effect van vertrouwen op informatie zoeken 33
3.3 Effect van accuraatheid op informatie zoeken 34
3.4 Effect van metacognitieve efficiëntie op informatie zoeken 37
4 Discussie 39
4.1 Vertrouwen en informatie zoeken 39
4.2 Accuraatheid en informatie zoeken 40
4.3 Interactie tussen vertrouwen en accuraatheid in informatie zoeken 41
4.4 Metacognitieve efficiëntie en informatie zoeken 42
4.5 Metacognitie en onderwijs 44
4.6 Beperkingen en suggesties voor vervolgonderzoek 44
Referentielijst 47

Lijst met tabellen

Tabel 1 *Samenvattende statistieken vertrouwen*.....30
Tabel 2 *Samenvattende statistieken accuraatheid*.....30
Tabel 3 *Samenvattende statistieken informatie zoeken* 31

Lijst met figuren

Figuur 1. Conceptueel raamwerk voor onderzoek naar metacognitie. 3
Figuur 2. Algemeen overzicht van het experiment 23
Figuur 3. Voorbeeld instructie handpositie tijdens het experiment 25
Figuur 4. Instructie blok 1 25
Figuur 5. Instructie blok 2 26
Figuur 6. Instructie blok 3 26
Figuur 7. Instructies einde oefenblokken 27
Figuur 8. Boxplot spreiding informatie zoeken 31
Figuur 9. Scatterplots met regressielijnen die de verbanden tonen tussen gemiddeld vertrouwen, gemiddelde accuraatheid en de gemiddelde proportie informatie zoeken bij kinderen…… 33
Figuur 10. Effect van vertrouwen op informatie zoeken 34
Figuur 11. Gemiddelde proportie correcte antwoorden per informatiezoekgedrag 35
Figuur 12. Effect van accuraatheid op informatie zoeken 36

1 Inleiding

1.1 Inleiding in metacognitie en informatiezoekgedrag

Kinderen nemen dagelijks tal van beslissingen, zowel binnen als buiten de schoolcontext. Denk bijvoorbeeld aan de keuze om een antwoord op een vraag bij een taak onmiddellijk in te vullen of toch eerst extra informatie op te zoeken door bijvoorbeeld de opgave nog eens te herbekijken of extra uitleg te vragen aan de leerkracht. Zulke beslissingen veronderstellen niet alleen het kiezen tussen verschillende opties, maar ook het inschatten van de eigen kennis of prestaties. Dit proces wordt in de cognitieve psychologie omschreven als besluitvorming: het maken van een keuze uit meerdere alternatieven met het oog op het bereiken van een gewenst resultaat (Eisenfuhr, 2011). Metacognitie speelt een belangrijke rol bij het nemen van deze beslissingen. Elke beslissing gaat gepaard met een gevoel van vertrouwen en dit gevoel van vertrouwen kan gebruikt worden om huidige en toekomstige beslissingen te sturen (Weil et al., 2013).

Metacognitie, het proces van “denken over denken” of “elke vorm van kennis of cognitieve activiteit die gericht is op het eigen denken of die het eigen denkproces aanstuurt of bijstuurt” (Schneider, 2015), speelt dan ook een essentiële rol in leren en onderwijs en draagt bij aan het verbeteren van schoolse prestaties (Fleur et al., 2021; Roebers & Spiess, 2017; Zimmerman, 1990). Bellon et al. (2020) beschreven metacognitie als het bewustzijn van en de controle over de eigen cognitieve processen, zoals het inschatten van de eigen kennis en het evalueren van de eigen prestaties binnen verschillende domeinen. Onderzoek toonde aan dat mensen die academisch goed presteren, vaak sterkere metacognitieve vaardigheden vertonen vooral op het gebied van controle en zelfregulatie (Fleur et al., 2021; Roebers & Spiess, 2017; Selmeczy et al., 2021).

Een belangrijke component van metacognitie is metacognitieve monitoring, waarbij individuen evalueren hoe zeker ze zijn over hun eigen keuzes en prestaties (Nelson & Narens, 1990). Een specifieke vorm van metacognitieve monitoring is beslissingsvertrouwen. Dit verwijst naar het subjectieve gevoel van zekerheid over hoe juist de gemaakte keuze is (Pleskac & Busemeyer, 2010). Deze inschatting van de eigen keuze kan ertoe leiden dat iemand extra informatie zoekt, bijvoorbeeld door de opdracht opnieuw te bekijken of door extra uitleg te vragen (Desender et al., 2018). In dat geval spreken we van metacognitieve controle: het actief bijsturen van gedrag op basis van zelfevaluatie (Nelson & Narens, 1990).

In experimenteel onderzoek bij volwassenen werd aangetoond dat het beslissingsvertrouwen (metacognitieve monitoring) een invloed uitoefent op de keuze om extra informatie te zoeken (metacognitieve controle). Wanneer mensen weinig vertrouwen hebben in hun keuze, hebben ze de neiging om meer informatie te zoeken voor ze een definitieve keuze maken. Dit gedrag werd als adaptief beschouwd omdat het de kwaliteit van keuzes kon verbeteren door extra informatie te zoeken (Desender et al., 2018). Het is tot op heden grotendeels onduidelijk hoe kinderen beslissen om extra informatie te zoeken, hoe dit zich ontwikkelt en in welke mate hun metacognitieve vaardigheden daarbij een rol spelen.

Gegeven de focus van de pedagogische praktijk en pedagogisch onderzoek op het ondersteunen van kinderen, onderzocht deze masterproef of en wanneer kinderen van 8 tot 10 jaar de keuze maken om extra informatie te zoeken tijdens een experiment met een perceptuele besluitvormingstaak. Deze masterproef onderzocht ook hoe dit samenhing met hun metacognitieve vaardigheden. In wat volgt wordt verder ingegaan op theoretische kaders van metacognitie, metacognitieve monitoring en controle bij kinderen en manieren om metacognitie te meten. Tot slot gaan we ook nog verder in op de theoretische kaders van besluitvorming en de daaruit voortvloeiende maten van metacognitieve efficiëntie.

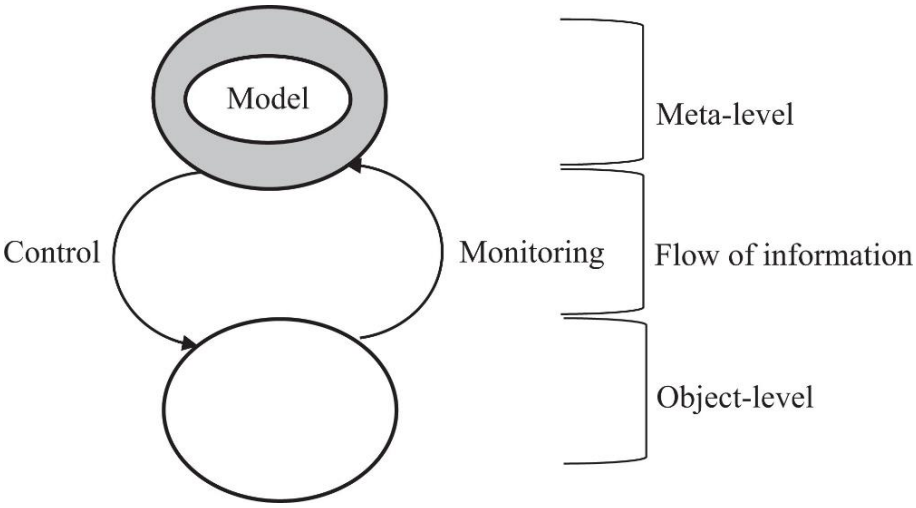
1.2 Metacognitie

Metacognitie is de afgelopen decennia veel onderzocht binnen verschillende wetenschappelijke disciplines (Fleur et al, 2021; Rhodes, 2019). Eén van de pioniers op het gebied van metacognitie is de ontwikkelingspsycholoog John Flavell, die het concept in de jaren ‘70 introduceerde. Flavell (1979) definieerde metacognitie aanvankelijk als bestaande uit twee componenten: metacognitieve kennis en metacognitieve ervaringen. Metacognitieve kennis verwijst naar de kennis over cognitie en leren en kennis of overtuigingen over welke factoren invloed hebben op hoe cognitieve processen verlopen en tot welke uitkomst ze leiden, en hoe die factoren elkaar onderling beïnvloeden (Flavell, 1979). Dit omvat bijvoorbeeld kennis over hoe bepaalde strategieën helpen bij het leren en welke rol de taak of de persoon zelf daarin speelt (Flavell, 1979; Schneider, 2015). Metacognitieve ervaringen daarentegen gaan over de bewuste gedachten en gevoelens die zich voordoen tijdens of na een taak. Dit kan bijvoorbeeld gaan over gevoelens van zekerheid of twijfel over een antwoord of oplossing (Flavell, 1979).

Later werd in de literatuur een onderscheid gemaakt tussen declaratieve en procedurele metacognitie (Flavell et al., 1999; Nelson & Narens, 1990). Declaratieve metacognitie verwijst naar wat iemand weet over zijn eigen denken en cognitieve processen. Dit sluit nauw aan bij Flavell’s oorspronkelijke concept van metacognitieve kennis. Procedurele metacognitie is een verzameling van zelfreflecterende, hogere-orde cognitieve processen. Het

gaat om hoe mensen hun denken monitoren en controleren tijdens het uitvoeren van een taak en gedurende lopende cognitieve processen (Flavell, 1999; Nelson & Narens, 1990). Hierbij wordt geëvalueerd hoe goed een taak wordt uitgevoerd en worden aanpassingen gedaan om de prestaties te verbeteren. Een voorbeeld hiervan is een leerling die tijdens een rekenles een som moet oplossen. Na het geven van een antwoord, wordt aan de leerling gevraagd hoe zeker hij/zij is van dit antwoord. De leerling kan bijvoorbeeld denken: “Ik denk dat mijn antwoord klopt” of “Ik ben niet zeker, misschien heb ik een fout gemaakt.” Op basis van deze inschatting kan de leerling vervolgens een beslissing nemen. De leerling kan bijvoorbeeld kiezen om de som opnieuw te berekenen, een andere rekenstrategie te gebruiken of hulpmiddelen zoals een getallenlijn of rekenblokjes te gebruiken of om verder te gaan zonder extra controle.

Verder wordt metacognitie in de literatuur ook vaak besproken binnen het theoretische raamwerk van Nelson en Narens (1990). Dit model kan toegepast worden in verschillende contexten (Rhodes, 2019). Bijvoorbeeld, een arts kan tijdens een consultatie nagaan of een bepaalde diagnostische aanpak nuttige informatie oplevert en besluiten om een andere strategie te gebruiken als dit meer waardevolle resultaten zou opleveren. Op dezelfde manier kunnen leerkrachten nadenken over hoe duidelijk hun uitleg tijdens de les was en of de uitleg voldoende begrepen werd door de leerlingen, en op basis van deze inschatting besluiten om extra voorbeelden te geven of de instructie te herhalen. Ook in begeleidingstrajecten kan een orthopedagoog reflecteren over de effectiviteit van een interventie en beslissen om bij te sturen als blijkt dat de doelen nog niet worden bereikt.



Figuur 1. Conceptueel raamwerk voor onderzoek naar metacognitie dat onderscheid maakt tussen gedragingen en cognities (objectniveau) en iemands begrip of model van die cognities (metaniveau). Deze processen ondersteunen de wisselwerking van monitoring en controle in metacognitie. Overgenomen uit Rhodes (2019, p. 169), gebaseerd op Nelson & Narens (1990).

In deze masterproef wordt metacognitie verder uitgelegd aan de hand van het model van Nelson en Narens (1990). Figuur 1 toont de basisstructuur van dit model. Hierin worden twee belangrijke kerncomponenten van metacognitie onderscheiden: metacognitieve monitoring en metacognitieve controle. Metacognitieve monitoring gaat over de inschatting van iemand over hoe goed hij/zij een taak zal uitvoeren, hoe goed een taak wordt uitgevoerd of is uitgevoerd (Nelson & Narens, 1990). Bellon et al. (2020) beschreven metacognitieve monitoring als een subjectieve beoordeling over je eigen cognitieve prestaties zowel in het verleden, heden als in de toekomst. Het omvat het inschatten van het succes en/of de voortgang van cognitieve processen (Chua et al., 2014). Bijvoorbeeld, kinderen kunnen tijdens een taak beoordelen hoe zeker ze zijn dat hun antwoord correct is of hoe goed ze denken de taak te begrijpen.

Metacognitieve controle is een actiegericht proces en verwijst naar de uitvoerende activiteiten die het mogelijk maken om denkprocessen aan te passen of bij te sturen om het leren of de prestaties te verbeteren (Roebers et al., 2014). Metacognitieve controle maakt het mogelijk om gericht gedrag te sturen door extra informatie te verzamelen of een fout te corrigeren. Bijvoorbeeld een student kan tijdens het studeren voor een examen reflecteren op de voortgang in het leren van de leerstof (metacognitieve monitoring) en vervolgens de keuze maken om bepaalde delen nog eens extra te herhalen of om de studietijd anders te verdelen (metacognitieve controle). Later, tijdens het examen, kan de student nadenken over zijn vertrouwen in de antwoorden die uit het geheugen worden opgehaald. Als gokken wordt bestraft, kan de student er bijvoorbeeld voor kiezen om alleen die antwoorden te geven waarover hij veel vertrouwen heeft (Destan et al., 2014). Samen vormen monitoring en controle de kern van metacognitie. Monitoring helpt om te beoordelen of iets goed verloopt, en controle maakt het mogelijk om bij te sturen en strategieën aan te passen om een bepaald doel te bereiken (Nelson & Narens, 1990; Rhodes, 2019).

Binnen het model van Nelson en Narens (1990) worden denkprocessen verdeeld in twee verschillende, maar met elkaar verbonden niveaus: het objectniveau en het metaniveau. Het objectniveau is verantwoordelijk voor basisvaardigheden zoals waarnemen, herkennen, vergelijken en het nemen van beslissingen. Binnen deze masterproef maakten kinderen eenvoudige beslissingen. Ze kregen twee vakken met stippen te zien en moesten kiezen welke van de twee het meeste stippen bevatte. Deze beslissing gebeurde dus op het objectniveau: het kind keek, vergeleek en koos op basis van wat het zag.

Het metaniveau houdt zich bezig met het volgen, beoordelen en bijsturen van deze denkprocessen. Het laat iemand nadenken over wat hij of zij net gedaan heeft en bepaalt of er iets aangepast moet worden om tot een beter resultaat te komen (Fleur et al., 2021; Neslon

& Narens, 1990; Rhodes, 2019). In het experiment in deze masterproef werd aan de kinderen, nadat ze een keuze hadden gemaakt, expliciet gevraagd hoe zeker ze waren van hun antwoord. Het objectniveau “stuurt” dan een soort terugkoppeling naar het metaniveau. Het kind denkt op metaniveau na over de keuze die het net heeft gemaakt. Dit wordt, zoals eerder vermeld, metacognitieve monitoring genoemd, en kan gezien worden als de stroom van informatie van het objectniveau naar het metaniveau. Op basis van deze metacognitieve monitoring komt metacognitieve controle in actie. Dit wordt omschreven als de neerwaartse stroom van informatie van het metaniveau terug naar het objectniveau (Rhodes, 2019). Tijdens het experiment werd aan de deelnemers gevraagd of ze de stippen nog eens wilden herbekijken. Het herbekijken van de stippen kostte de kinderen 1 punt: in plaats van 10 punten konden ze dan maximaal 9 punten verdienen. Het kind voert dus de taak uit (objectniveau), maar denkt daarna na over de zekerheid van zijn keuze en beslist of extra informatie nodig is (metaniveau). Zo werken beide niveaus samen om tot een zo goed mogelijk resultaat te komen, waarbij het kind strategisch moet afwegen of het de moeite waard is om een punt op te geven in ruil om de stippen nog eens te herbekijken.

Voor zover monitoring nauwkeurig is, kan metacognitieve controle leiden tot een gewenst leer- of testresultaat (Roebers & Spiess, 2017). Kinderen die goed kunnen inschatten wanneer ze waarschijnlijk fout zijn, zullen specifiek bij foutieve antwoorden kiezen om extra informatie te zoeken (herbekijken). Dit vergroot de kans dat ze na herbekijken alsnog het juiste antwoord geven, waardoor ze nog steeds 9 punten verdienen, in plaats van 0 punten. Deze strategische beslissing minimaliseert puntverlies en maximaliseert hun uiteindelijke score.

Ook in het onderwijs speelt metacognitie een belangrijke rol, vooral binnen het concept van zelfregulerend leren (SRL). SRL richt zich vooral op leerprocessen in een onderwijscontext. Binnen SRL wordt metacognitie omschreven als het proces van doelen stellen, plannen, organiseren, zelfmonitoring en zelfevaluatie. Metacognitie is slechts één van de drie kerncomponenten, naast “motivatie om te leren” en “gedragsprocessen”. Deze drie onderdelen helpen leerlingen om hun eigen leerproces actief te sturen. Binnen SRL wordt vaak verwezen naar een “zelfgerichte feedbacklus”. Dit is een voortdurend proces van reflecteren op je leerproces en bijsturen waar nodig (Fleur et al., 2021; Zimmerman, 1990). Deze zelfgerichte feedbacklus lijkt sterk op de opwaartse en neerwaartse informatiestromen uit het model van Nelson en Narens (1990).

In deze masterproef hanteren we een cognitieve benadering van metacognitie. Daarom baseren we ons op het model van Nelson en Narens (1990), dat metacognitie opdeelt in metacognitieve monitoring (het inschatten van de eigen prestaties) en metacognitieve controle (extra informatie zoeken).

1.3 Metacognitie bij kinderen

Het vermogen van kinderen om hun eigen denkprocessen te monitoren ontwikkelt zich al vanaf de vroege kindertijd (Godfrey et al., 2023; Roebers, 2017; Schneider et al., 2022). Metacognitie ontwikkelt zich doorheen de kindertijd tot in de adolescentie, waarbij oudere kinderen beter worden in het herkennen van momenten waarop ze fout zijn of minder kennis hebben (Fandakova et al., 2017; Weil et al., 2013). Deze ontwikkeling is erg belangrijk, want het vermogen om het eigen denken te volgen en bij te sturen vormt een belangrijke drijvende kracht achter de cognitieve groei van kinderen (Bellon, 2020; Lyons & Ghetti, 2010).

Metacognitie wordt gezien als een belangrijke vaardigheid die helpt bij het leren en presteren op allerlei gebieden, zoals wiskunde, geheugen, lezen en waarneming (Bellon, 2020; Lyons & Ghetti, 2013; Rinne & Mazzocco, 2014; Schraw et al., 2006). Metacognitieve aspecten, zoals het kennen van de grenzen van je eigen kunnen en het vermogen om die kennis te reguleren, zijn belangrijke voorwaarden om zelfgestuurd en succesvol te leren. Leerlingen met goede metacognitieve vaardigheden kunnen bijvoorbeeld beter hun studietijd plannen, weten wanneer ze een antwoord moeten controleren, of leren van hun fouten wanneer ze merken dat iets niet klopt. Dit helpt om hun prestaties te verbeteren en steeds beter te worden in wat ze doen (Bellon, 2020; Schraw et al., 2006).

Zoals eerder besproken in het model van Nelson en Narens (1990), bestaat metacognitie uit twee nauw samenhangende processen: metacognitieve monitoring en controle. Deze processen vormen samen de kern van hoe kinderen hun eigen denken kunnen volgen, evalueren en bijsturen. In de volgende paragrafen wordt dieper ingegaan op de ontwikkeling van elk van deze componenten bij kinderen.

1.3.1 Metacognitieve monitoring

Onderzoek wees uit dat metacognitieve monitoring zich ontwikkelt tijdens de kindertijd en dat de nauwkeurigheid ervan geleidelijk toeneemt tijdens de lagere schoolperiode (Lyons & Ghetti, 2010; Schneider, 2008, 2010; Schneider & Löffler, 2016).

Zo vonden Hembacher en Ghetti (2014) dat kinderen vanaf 4 jaar aan de hand van retrospectieve vertrouwensbeoordelingen al onderscheid konden maken tussen juiste en foute geheugenantwoorden. Ze gaven lagere vertrouwensoordelen voor foute dan voor juiste antwoorden. Vergelijkbare resultaten werden gevonden door Destan et al. (2014) bij 5-jarige kinderen in een geheugentaak met behulp van een ‘judgment of learning’ -paradigma.

Ook bij oudere kinderen werd aangetoond dat zij in staat zijn om hun eigen prestaties te monitoren. Krebs en Roebers (2010) onderzochten metacognitieve monitoring bij 8- en 9-jarigen en 11- en 12-jarigen door kinderen een invuloefening te laten maken na het bekijken van een educatieve film. Nadien moesten ze per item hun vertrouwen in het gegeven antwoord

inschatten op een zevenpuntsschaal. Uit de resultaten bleek dat beide leeftijdsgroepen gemiddeld hogere vertrouwensoordelen gaven bij juiste dan bij foute antwoorden. Alleen de 11- en 12-jarigen konden in hun vertrouwensoordelen ook bij moeilijke vragen een duidelijk onderscheid maken tussen juiste en foute antwoorden. De resultaten toonden aan dat het vermogen om onzekerheid correct in te schatten nog in ontwikkeling is bij lagere schoolkinderen.

Onderzoek van Lyons en Ghetti (2013) toonde aan dat zelfs kleuters van 3 tot 5 jaar in staat zijn om na te denken over hun eigen (on)zekerheid en hun gedrag daarop af te stemmen. In hun experiment kregen kleuters vervaagde lijntekeningen te zien en moesten ze aangeven welke afbeelding volgens hen getoond werd. Na elke keuze gaven ze hun vertrouwen aan via een visuele tweepuntsschaal met gezichten: één gezicht dat “heel zeker” uitdrukte en één gezicht dat “niet zo zeker” toonde. De resultaten toonden aan dat de kleuters significant minder zeker waren van hun antwoorden wanneer ze fout waren, wat erop wijst dat ze hun eigen (on)zekerheid konden inschatten. Ook Coughlin et al. (2015) toonden aan dat kinderen vanaf 3 jaar al een onderscheid kunnen maken in hun vertrouwen tussen correcte en foutieve antwoorden. In een perceptuele identificatietaak met vervaagde tekeningen gaven kleuters na elke keuze hun vertrouwen aan via een driepuntsschaal, waarbij ze konden kiezen tussen afbeeldingen van een kind dat er zeker, een beetje zeker of onzeker uitzag. De resultaten lieten zien dat kinderen meer vertrouwen gaven aan correcte dan aan foutieve antwoorden.

Ander onderzoek toonde aan dat de oordelen van kinderen nog sterk positief vertekend zijn. Zo stelden Lipko et al. (2009) vast dat kinderen van 4 tot 6 jaar systematisch overmoedig zijn bij het voorspellen van hun eigen geheugenprestaties. In een reeks experimenten voorspelden kinderen consequent dat ze meer plaatjes zouden kunnen onthouden dan ze effectief konden herinneren. Ook het longitudinale onderzoek van Rinne en Mazzocco (2014) toonde aan dat kinderen tussen 10 en 14 jaar vaak overmoedig zijn bij foutieve antwoorden in rekentaken. Hoewel de nauwkeurigheid van hun rekenprestaties aan het einde van het onderzoek nauwelijks nog toenam, verbeterde hun metacognitieve monitoring wel geleidelijk. Dit wijst erop dat de ontwikkeling van metacognitieve monitoring zich verderzet tijdens de late kindertijd en vroege adolescentie. Roebers en Spiess (2017) vonden dat 8- en 9-jarigen hun eigen prestaties overschatten tijdens een spellingstaak. Toen hen werd gevraagd foutieve woorden te doorstrepen, deden ze dit op een inefficiënte manier, wat mede werd veroorzaakt door de overschatting van hun eigen spellingsvaardigheden.

Hoewel kinderen dus al vroeg metacognitieve vaardigheden vertonen, blijkt hun metacognitieve monitoring niet altijd accuraat te zijn. Uit literatuur blijkt dat rond de leeftijd van 8 jaar de monitoring overwegend nauwkeurig is (Roebers, 2017), maar ook in de adolescentie

blijft metacognitieve monitoring zich verder ontwikkelen. Zo vonden Weil et al. (2013) dat jongeren tussen 11 en 18 jaar beter worden in het inschatten van hun keuzes en het strategisch zoeken naar extra informatie. Volgens Roebers (2014) bestaat de metacognitieve ontwikkeling in deze latere kindertijd en adolescentie vooral uit het verfijnen van eerder ontwikkelde monitoring- en controlevaardigheden, waaronder het adaptief en steeds flexibeler gebruik van metacognitieve controle en het efficiënt benutten van informatie die voortkomt uit steeds nauwkeurigere monitoring.

Volgens het model van Nelson en Narens (1990) vormt een onnauwkeurige metacognitieve monitoring de basis voor suboptimale metacognitieve controle. Wanneer de monitoring niet accuraat is, zullen de beslissingen die kinderen nemen om hun gedrag of leerstrategie bij te sturen (metacognitieve controle), minder effectief zijn. Zo kan overschatting ertoe leiden dat kinderen kiezen voor te moeilijke taken of dat ze onvoldoende tijd besteden aan voorbereiding, omdat ze onterecht denken dat ze de leerstof beheersen. Dit kan uiteindelijk resulteren in lagere prestaties. Deze bevindingen onderstrepen hoe belangrijk het is dat kinderen leren om hun eigen prestaties accuraat te monitoren.

1.3.2 Metacognitieve controle

Naast monitoring vormt metacognitieve controle de tweede kerncomponent van metacognitie, zoals beschreven in het model van Nelson en Narens (1990). Nadat kinderen hun eigen prestaties hebben beoordeeld, moeten ze op basis van die inschatting beslissingen nemen over hoe ze hun keuzes en leerstrategieën kunnen bijsturen. Informatie zoeken is een voorbeeld van metacognitieve controle. Wanneer kinderen actief op zoek gaan naar extra informatie om hun kennis of prestaties te verbeteren, zijn ze bezig met een belangrijk onderdeel van zelfregulerend leren (Selmeczy et al., 2021).

Het vermogen om op het juiste moment hulp of extra informatie te zoeken, wordt vaak geassocieerd met hogere academische prestaties. Schenke et al. (2015) toonden aan dat kinderen van 12 tot 17 jaar die beter in staat waren om adaptief hulp te zoeken, bijvoorbeeld wanneer ze vastliepen, hogere scores behaalden in wiskunde en taal. Om baat te kunnen hebben bij het zoeken naar hulp is het belangrijk dat kinderen goed kunnen inschatten wanneer hulp het meest nuttig is (Selmeczy et al., 2021). Dit vereist het vermogen om onderscheid te kunnen maken tussen correcte en foutieve antwoorden, ook wel metacognitieve gevoeligheid genoemd (Fleming & Lau, 2014).

In een eerder besproken onderzoek van Coughlin et al. (2015) kregen kleuters van 3 tot 5 jaar vervaagde tekeningen te zien waarin ze objecten moesten herkennen. De resultaten toonden dat kleuters hun eigen onzekerheid gebruikten bij het nemen van controlebeslissingen, zoals hulp vragen. Kinderen die eerder weinig vertrouwen in hun

antwoord hadden gegeven, vroegen later vaker om hulp wanneer ze opnieuw met de taak geconfronteerd werden. Selmeczy et al. (2021) liet zien dat kinderen van 8 tot 9 jaar adaptief informatiezoekgedrag vertoonden. Deze kinderen vroegen bijvoorbeeld vaker om tips wanneer ze een fout hadden gemaakt dan wanneer ze het juiste antwoord hadden gegeven. In een recent onderzoek van Selmeczy et al. (2024) kregen kinderen tussen 8 en 13 jaar de mogelijkheid om hulp te zoeken tijdens een online leertaak over wetenschappelijke feiten. De resultaten toonden aan dat het vermogen om adaptief hulp te zoeken toenam naarmate kinderen ouder werden. Oudere kinderen wisten beter wanneer ze hulp moesten vragen en welke hulp ze nodig hadden. Zij vroegen vaker om hints dan om het juiste antwoord. Dit laat zien dat oudere kinderen een meer strategische en metacognitieve aanpak gebruikten bij het zoeken van hulp. Ook bleek dat kinderen met meer vertrouwen in hun eigen kennis minder snel hulp zochten. Dit patroon werd sterker met de leeftijd. Het lijkt erop dat kinderen hun metacognitieve vaardigheden beter inzetten om te bepalen wanneer ze hulp nodig hadden en wanneer niet. Bij jongere kinderen bleek dit verband minder sterk. Kinderen die beter in staat waren hun vertrouwen te gebruiken om beslissingen over hulpvragen te sturen, hadden meer voordeel bij het eerder zoeken van hulp.

Ook uit onderzoek van Nelson en Fyfe (2019) bleek dat 8- en 9-jarige kinderen tijdens het leren van nieuwe woorden gebruik maakten van hun vermogen om hun eigen kennis en denkprocessen te evalueren om te besluiten of ze hulp nodig hadden. Kinderen van 6 en 7 jaar deden dit minder. Zij vroegen vooral om hulp wanneer ze hiervoor een beloning kregen of wanneer ze directe feedback ontvingen. Dit wijst erop dat metacognitieve monitoring en controle bij kinderen van 6 en 7 jaar nog vaker gestuurd worden door externe signalen, terwijl 8- en 9-jarige kinderen beter in staat zijn om zelf te kunnen inschatten wanneer ze hulp nodig hadden. Uit onderzoek van Fandakova et al. (2017) bleek dat 11-en 12-jarigen, en ook 16- en 17-jarigen minder snel om tips vroegen na correcte antwoorden dan 8-en 9-jarigen. Naarmate kinderen ouder werden, leerden ze ook steeds efficiënter hulp vragen. Krebs en Roebers (2010) onderzochten in hoeverre kinderen controleprocessen inzetten tijdens een toets. Alleen 11-en 12-jarigen wisten hun accuraatheid effectief te verbeteren door selectief foute antwoorden te doorstrepen. Kinderen van 8 en 9 jaar streepten ook antwoorden door, maar soms ook correcte, wat leidde tot verminderde prestaties.

Informatie zoeken wordt gezien als een actieve manier van leren, omdat kinderen zelf moeten beslissen wanneer ze extra informatie nodig hebben om hun prestaties of kennis te verbeteren (Selmeczy et al., 2021). Wanneer leerlingen extra informatie zoeken na het geven van een antwoord, zouden ze onder een optimale cognitieve leerstrategie eerder geneigd moeten zijn om informatie te zoeken na een fout dan na een correct antwoord, aangezien

fouten bijzonder gunstig zijn voor het leren. Als kinderen informatie zoeken nadat ze een fout hebben gemaakt, wordt dit ook wel post-error informatie genoemd. Het zoeken naar informatie na fouten, in tegenstelling tot correcte antwoorden, wordt als adaptief beschouwd omdat het een manier biedt om kennis en het leren te verbeteren (Metcalfe, 2017).

1.4 Meten van metacognitie

In de eerder genoemde onderzoeken naar metacognitie bij kinderen werd vaak gebruik gemaakt van taken binnen leerdomeinen zoals rekenen, spelling, geheugen of tekstbegrip. Binnen deze context worden metacognitieve vaardigheden doorgaans gemeten via trial-by-trial vertrouwensinschattingen, judgements of learning of globale zelfbeoordelingen. Veelgebruikte maten voor metacognitieve monitoring zijn het onderzoeken van de trial-by-trial overeenkomst tussen accuraatheid van het antwoord en de metacognitieve beoordeling, statistische correlaties tussen accuraatheid van het antwoord en vertrouwen over trials heen (bv. Pearson's *r*), of maten gebaseerd op de signaaldetectietheorie (bv. type 2 d′) en ROC-analyse (zie Fleming & Lau, 2014, voor een kritisch overzicht). De manier waarop metacognitie wordt geoperationaliseerd verschilt aanzienlijk tussen studies. Deze operationaliseringen richtten zich voornamelijk op metacognitieve gevoeligheid, of de mate waarin het subjectieve vertrouwen samenhangt met de werkelijke prestatie (Fleming & Lau, 2014).

Dergelijke maten voor metacognitieve gevoeligheid hebben enkele belangrijke beperkingen. Een eerste beperking is dat deze maten vaak worden beïnvloed door de moeilijkheidsgraad van de taak. Over het algemeen behalen deelnemers een hogere metacognitieve gevoeligheid bij eenvoudigere taken dan bij moeilijkere taken (Fleming & Lau, 2014). Bij een eenvoudige taak zal een deelnemer vaker correct antwoorden en een hoger vertrouwen geven, waardoor het lijkt alsof hij of zij metacognitief accuraat is. In werkelijkheid kan deze hoge correlatie vooral het gevolg zijn van de eenvoud van de taak, en minder van een goed ontwikkeld vermogen om het eigen kennen accuraat in te schatten.

Een tweede beperking is dat deze maten gevoelig zijn voor metacognitieve bias. Deze bias verwijst naar het algemene niveau van vertrouwen dat wordt uitgedrukt door een individu, ongeacht of het antwoord correct of incorrect is (Fleming & Lau, 2014). Het is bekend dat kinderen de neiging hebben om hogere vertrouwensscores te geven voor hun prestaties, waardoor ze vaak overmoedig zijn (Destan & Roebers, 2015). Theoretisch gezien bestaat metacognitieve bias en metacognitieve nauwkeurigheid onafhankelijk van elkaar. Een kind dat over het algemeen veel vertrouwen uitdrukt (dus met een hoge metacognitieve bias), kan nog steeds gevoelig zijn voor prestatieverschillen per trial (een hoge metacognitieve nauwkeurigheid vertonen). Aangezien kinderen vaak overmoedig zijn (Destan & Roebers, 2015), kan dit leiden tot een overschatting van hun metacognitieve monitoringsvaardigheden.

Metacognitieve gevoeligheid kan daardoor een minder zuivere maat zijn om verschillen in metacognitieve vaardigheden tussen leeftijdsgroepen, leerdomeinen of individuen te verklaren (Fleming & Lau, 2014).

Om deze beperkingen te ondervangen maakte deze masterproef gebruik van modelgebaseerde maten, zoals de M-ratio (Maniscalco & Lau, 2012) en de V-ratio (Desender et al., 2022). Beide maten zijn ontwikkeld binnen besluitvormingsmodellen en bieden een maat voor het vermogen om correcte en foutieve antwoorden te onderscheiden, los van taakmoeilijkheid of algemene bias. Dit vermogen wordt aangeduid als metacognitieve efficiëntie. De M-ratio is gebaseerd op de signaaldetectietheorie en corrigeert voor prestaties op de eerste-orde taak (de accuraatheid binnen de taak). De M-ratio wordt voornamelijk gebruikt in perceptie- en geheugenonderzoek, en wordt beschouwd als een betrouwbare maat bij eenvoudige, beslissingsgerichte taken waarbij het vertrouwen per trial wordt gemeten (Fleming & Lau, 2014), zoals in de onderzoeksopzet van deze masterproef.

Recenter onderzoek wees toch op een belangrijke beperking van de M-ratio. Zo kan de M-ratio gevoelig zijn voor verschillen in antwoordsnelheid, zoals voorzichtig of impulsief beslissen (Desender et al., 2022). Om hiermee rekening te houden, werd de V-ratio voorgesteld als alternatieve maat voor metacognitieve efficiëntie. Deze maat is ontwikkeld binnen het kader van het drift-diffusiemodel en houdt, naast accuraatheid, ook rekening met individuele verschillen in beslissingsgrenzen binnen het keuzeproces. Wanneer deelnemers instructies krijgen om snel te antwoorden, leidt dit vaker tot impulsieve fouten (bijvoorbeeld drukken op de verkeerde knop), die achteraf makkelijk te detecteren zijn (Desender et al., 2022). Goede foutendetectie weerspiegelt dan niet noodzakelijk een goed ontwikkelde metacognitieve monitoring, maar kan dan eerder het gevolg zijn van de taakcontext en de gehanteerde antwoordstrategie.

Vooraleer we dieper ingaan op de maten voor het meten van metacognitieve efficiëntie, is het belangrijk om eerst de theoretische achtergrond van de besluitvormingsmodellen te schetsen waaruit deze maten zijn voortgekomen. In wat volgt bespreken we de belangrijkste besluitvormingsmodellen en de onderliggende theorieën rond het meten van metacognitieve efficiëntie binnen beslissingstaken.

1.5 Modellen van besluitvorming

Besluitvorming wordt vaak gezien als een dynamisch proces, waarbij mensen voortdurend informatie verzamelen om meer zekerheid te krijgen over hun keuze (Pleskac & Busemeyer, 2010). Dit proces stopt niet zodra de beslissing is genomen. Vaak blijven mensen

daarna nog nadenken over hun keuze en verzamelen ze extra informatie. Dit wordt ook wel post-decisionele evidentie genoemd (Pleskac & Busemeyer, 2010).

Een belangrijk uitgangspunt in besluitvormingsmodellen is dat iemand een beslissing neemt zodra het beschikbare bewijs sterk genoeg is en een vooraf bepaalde drempel bereikt. De nauwkeurigheid van de beslissing en de tijd die nodig is om tot een keuze te komen, hangen hierbij af van de hoeveelheid en kwaliteit van bewijsmateriaal (Gold & Shadlen, 2007; Ratcliff & Mckoon, 2008; Van Den Berg et al., 2016). Wanneer er meer bewijs beschikbaar is, neemt de kans op een juiste beslissing toe en wordt de reactietijd korter (Van Den Berg et al., 2016). Maar ook nadat iemand een keuze heeft gemaakt, kan er nog extra bewijsmateriaal worden verzameld. Dit kan ertoe leiden dat iemand zijn beslissing heroverweegt of aanpast. Dit proces van heroverwegen maakt deel uit van post-decisionele evidentie en helpt mensen om betere keuzes te maken (Pleskac & Busemeyer, 2010).

Binnen het model van Nelson en Narens (1990) kan post-decisionele evidentie worden geplaatst op het metaniveau. Op dat niveau wordt de eerdere beslissing geëvalueerd (monitoring) en kan worden besloten om controle uit te oefenen. Dit kan betekenen dat iemand zijn keuze heroverweegt, extra informatie zoekt, of de oorspronkelijke keuze bevestigt als juist. Dit voortdurende proces van evalueren en eventueel bijsturen van keuzes is een voorbeeld van metacognitieve monitoring en controle. Mensen houden daarbij niet alleen in de gaten hoe zeker ze zijn van hun keuze (monitoring), maar passen ook hun keuze aan op basis van die evaluatie (controle).

In de volgende onderdelen worden twee theoretische modellen van besluitvorming besproken die inzicht geven in hoe mensen beslissingen nemen en evalueren. De signaaldetectietheorie (SDT) ligt aan de oorsprong van de M-ratio, terwijl een dynamisch model van besluitvorming aan de basis ligt van de V-ratio. Beide modellen maken duidelijk hoe beslissingsvertrouwen ontstaat als onderdeel van metacognitieve monitoring en hoe dit vertrouwen vervolgens metacognitieve controleprocessen, zoals het zoeken naar extra informatie, kan aansturen.

1.5.1 Signaaldetectietheorie (SDT)

Een veelgebruikt theoretisch model om besluitvorming en metacognitieve oordelen te verklaren, is de signaaldetectietheorie (Signal Detection Theory, SDT) van Green en Swets (1966). Dit model wordt vaak gebruikt om te begrijpen hoe mensen keuzes maken bij perceptuele taken, zoals het onderscheiden van twee visuele of auditieve stimuli. SDT helpt ook om te verklaren hoe mensen vertrouwen toekennen aan de keuzes die ze maken.

SDT beschrijft besluitvorming als een proces waarbij iemand bewijs verzamelt en op basis daarvan kiest tussen twee opties (Pleskac & Busemeyer, 2010). Binnen SDT wordt ervan uitgegaan dat elke stimulus een intern signaal genereert. Dit signaal wordt geplaatst op een beslissingsas, waar een criterium (bijvoorbeeld c1) bepaalt of de stimulus wordt geclassificeerd als S1 of S2. Als het interne signaal boven de drempel c1 ligt, kiest iemand voor S2. Als het interne signaal eronder ligt, dan kiest iemand voor S1. Hoe beter iemand de stimuli kan onderscheiden, hoe groter de afstand tussen de signalen van S1 en S2 is. Dit verschil wordt aangeduid als d'. Hoe hoger d' is, hoe makkelijker iemand de juiste keuze kan maken (Maniscalco & Lau, 2012). Dit eerste proces (van het verzamelen van informatie en het maken van een keuze) vindt plaats op het objectniveau in het model van Nelson en Narens (1990). Hier wordt de informatie verwerkt en wordt een eerste beslissing genomen.

Het model houdt rekening met het vertrouwen dat iemand heeft in de juistheid van zijn keuze. Dit noemen we een type 2 beslissing, ofwel een metacognitief oordeel. Het vertrouwen wordt bepaald door hoe ver het interne signaal ligt van het beslissingscriterium. Als het signaal ver van de grens c1 af ligt, voelt iemand zich zekerder over de beslissing. Als het signaal dicht bij c1 ligt, zal het vertrouwen lager zijn (Maniscalco & Lau, 2012). Dit weerspiegelt het metaniveau uit het model van Nelson en Narens (1990). Het metaniveau ontvangt informatie van het objectniveau, en evalueert hoe zeker iemand is over zijn keuze (monitoring). Als het metaniveau vaststelt dat het vertrouwen laag is, kan het besluiten om in te grijpen en controle uit te oefenen. Zo ontstaat er een opwaartse stroom van informatie van objectniveau naar metaniveau (bij monitoring) en een neerwaartse stroom van informatie van metaniveau naar objectniveau (bij controle).

Maar SDT kent ook een belangrijke beperking. Het model houdt geen rekening met de tijd die wordt besteed aan de accumulatie van het bewijs (Yeung & Summerfield, 2012). SDT beschrijft alleen de beslissing zelf en het vertrouwen daarbij, zonder te kijken naar hoe lang iemand over de keuze doet (Pleskac & Busemeyer, 2010). Stel je moet snel kiezen welke van de twee vakken meer stippen heeft, en de keuze zit net boven de beslissingsdrempel. Volgens SDT zou je een lage zekerheid moeten voelen. Maar soms heb je toch een hoog vertrouwen, terwijl je het eigenlijk fout hebt. SDT kan niet verklaren waarom mensen dan toch een hoog vertrouwen vertonen.

Om die reden bieden dynamische modellen, zoals het drift-diffusiemodel (DDM), aanvullende inzichten. Deze modellen houden rekening met de tijd die iemand nodig heeft om tot een beslissing te komen, en verklaart beter waarom vertrouwen kan veranderen, afhankelijk van hoe snel of langzaam iemand beslist (Ratcliff & McKoon, 2008). In de volgende paragraaf

gaan we verder in op deze dynamische modellen en bekijken we hoe ze bijdragen aan ons begrip van besluitvorming en beslissingsvertrouwen.

1.5.2 Dynamische modellen

Dynamische modellen, zoals het DDM, beschrijven hoe mensen beslissingen nemen als een proces waarin ze stap voor stap bewijs verzamelen over de tijd tot één van de twee beslissingsdrempels wordt bereikt (Gold & Shadlen, 2007; Ratcliff & McKoon, 2008). Hoe hoog de beslissingsdrempel is ingesteld, bepaalt hoe voorzichtig iemand beslist (Bogacz et al., 2010). Als de drempel hoog is, neemt iemand meer tijd, maar wordt de beslissing meestal nauwkeuriger. Als de drempel laag is, wordt sneller beslist, maar is de kans op fouten groter. In tegenstelling tot statische modellen zoals SDT, kijken dynamische modellen dus niet alleen naar het beschikbare bewijs, maar ook naar hoe lang iemand bezig is met het verzamelen van dat bewijs voordat hij een keuze maakt.

Het DDM is één van de meest invloedrijke dynamische modellen en wordt beschouwd als een prototype van accumulatie-tot-drempelmodellen (Ratcliff & McKoon, 2008). Accumulatie is het proces waarbij willekeurige sensorische informatie over tijd wordt geïntegreerd totdat een specifieke drempel wordt bereikt en een beslissing wordt genomen (Hernandoz-Navarro et al., 2021). DDM is gebaseerd op het idee dat besluitvorming een proces van ruisende accumulatie van bewijs weerspiegelt totdat een beslissingsgrens is bereikt. Het gaat dus niet altijd in een rechte lijn, maar met schommelingen (Ratcliff & McKoon, 2008). De keuze die iemand maakt, hangt af van welk bewijs het eerst de beslissingsdrempel bereikt (Ratcliff & McKoon, 2008; Yeung & Summerfield, 2012). De beslisser staat voor twee opties, die elk een bepaalde kans hebben om correct te zijn (Van Zandt & Maldonado-Molina, 2004; Caplin & Martin, 2016). Wanneer het geïntegreerde bewijsmateriaal voor één van de twee opties de beslissingsdrempel overschrijdt, wordt de keuze gemaakt (Pleskac & Busemeyer, 2010).

Een belangrijke factor in het DDM is de driftsnelheid (drift rate). Deze factor geeft aan hoe snel en efficiënt iemand bewijs verzamelt (Pleskac & Busemeyer, 2010). Als het bewijs sterk en duidelijk is, is de driftsnelheid hoog. De beslissing wordt dan sneller genomen en de kans op een accuraat antwoord is groter. Als het bewijs onduidelijk is of er veel ruis is, gaat het proces langzamer. De driftsnelheid is laag, waardoor het langer duurt voordat er een beslissing komt en de kans op fouten toeneemt (Ratcliff & McKoon, 2008). Binnen DDM wordt beslissingsvertrouwen gekwantificeerd als het geïntegreerd bewijs na post-beslissingsaccumulatie. Vertrouwen kan na de beslissing verder worden beïnvloed door post-decisionele evidentie, waarbij individuen na het nemen van een keuze doorgaan met het verzamelen van bewijsmateriaal (Pleskac & Busemeyer, 2010).

1.6 Metacognitieve efficiëntie

De theoretische kaders van SDT en DDM bieden een basis om besluitvorming en vertrouwen in keuzes te begrijpen. Binnen deze kaders werd een specifieke methode ontwikkeld om metacognitie te meten, waarbij gecorrigeerd wordt voor verschillen in taakprestatie en metacognitieve bias. Zoals eerder vermeld, weerspiegelt metacognitieve efficiëntie de mate waarin het vertrouwen dat iemand heeft in zijn of haar beslissingen overeenkomt met de objectieve nauwkeurigheid van die beslissingen, onafhankelijk van taakmoeilijkheid of algemene bias. Een hoge metacognitieve efficiëntie betekent dat correcte keuzes systematisch gepaard gaan met hoger vertrouwen dan foutieve keuzes. Omgekeerd duidt een lage metacognitieve efficiëntie erop dat het vertrouwen minder goed onderscheid maakt tussen juiste en foute keuzes. Bijvoorbeeld, iemand kan een laag vertrouwen hebben na correcte beslissingen, of hoog vertrouwen tonen na foute keuzes (Overhoff et al., 2021). In de literatuur is er nog veel discussie over de beste manier om metacognitieve efficiëntie te meten.

Het meta-d'-raamwerk bouwt verder op de inzichten uit SDT om metacognitieve efficiëntie formeel te kwantificeren. In wat volgt bespreken we hoe metacognitieve efficiëntie gemeten wordt aan de hand van het meta-d'-raamwerk, en hoe recentere ontwikkelingen zoals de V-ratio, uit de DDM, bijkomende nuances aanbrengen in het meten van metacognitieve efficiëntie.

1.6.1 Meta d' raamwerk

Eén van de meest gebruikte methoden om metacognitieve efficiëntie te meten met vertrouwensoordelen is meta-d'. Het meta-d' raamwerk is de state-of-the-art meting voor het meten van metacognitieve efficiëntie. Meta-d' laat zien hoe goed iemand met zijn vertrouwensoordelen onderscheid kan maken tussen correcte en foutieve antwoorden (meta-d'). Daarbij wordt rekening gehouden met hoe goed iemand de taak zelf uitvoert (d') (Fleming & Lau, 2014). Binnen het model van Nelson en Narens (1990) kun je meta-d' zien als een maat die de samenwerking tussen het objectniveau en het metaniveau laat zien. Het objectniveau is verantwoordelijk voor de eerste-orde processen, zoals het verwerken van stimuli en het maken van een beslissing (bijvoorbeeld kiezen tussen twee categorieën, S1 of S2). Dit wordt vaak uitgedrukt als d', ook wel type 1 gevoeligheid genoemd, dat laat zien hoe goed iemand in staat is om de juiste keuze te maken. Het metaniveau evalueert die keuzes door te kijken naar het vertrouwen dat iemand heeft in zijn antwoord. Meta-d' geeft aan hoe goed dat vertrouwen overeenkomt met de werkelijke juistheid van de keuzes.

Omdat meta-d' en d' op dezelfde schaal liggen, kun je de verhouding tussen beide berekenen. Dit noemen we de M-ratio, of metacognitieve efficiëntie. Als de M-ratio 1 is,

betekent dat iemand alle informatie van de eerste-orde taak optimaal gebruikt voor zijn metacognitieve oordelen. Als de M-ratio lager dan 1 is, wordt niet alle informatie effectief benut. Dat wijst op suboptimale metacognitieve efficiëntie (Fleming & Lau, 2014). De M-ratio laat dus zien hoe goed het metaniveau in staat is om de informatie van het objectniveau te verwerken en te evalueren. Een hoge M-ratio betekent dat er een sterke samenwerking is tussen beide niveaus. Een lage M-ratio wijst erop dat de communicatie tussen de twee niveaus minder efficiënt verloopt.

Onderzoekers hebben de M-ratio gebruikt om allerlei vragen over metacognitie bij volwassenen te onderzoeken. Bijvoorbeeld om te kijken of metacognitie domein-algemeen is (Baird et al., 2014; Mazancieux, 2020; Rouault et al., 2018), om te begrijpen hoe hersengebieden betrokken zijn bij metacognitie (McCurdy et al., 2013; Rahnev et al., 2012) en om individuele verschillen zoals de samenhang met psychiatrische symptomen te onderzoeken (Rouault et al., 2018). De M-ratio wordt vaak gebruikt als benchmark om de metacognitieve efficiëntie van verschillende mensen te vergelijken (Fleming & Lau, 2014).

Zoals eerder vermeld is een belangrijk nadeel van het meta-d'-raamwerk dat het geen rekening houdt met dynamische aspecten van besluitvorming. Een hoge M-ratio betekent dan niet altijd dat iemand betere metacognitie heeft. Soms laat het vooral zien dat iemand sneller beslissingen neemt, ook als die beslissingen minder betrouwbaar zijn. Om deze beperkingen te ondervangen, kan een dynamische benadering van belang zijn. Deze benadering houdt rekening met hoe lang iemand doet over een beslissing en hoe het bewijs zich opstapelt over de tijd (Desender et al., 2022).

1.6.2 V-ratio

Om bovenstaande beperkingen te verhelpen, introduceerden Desender et al., (2022) de V-ratio als een alternatieve maat voor metacognitieve efficiëntie. De V-ratio controleert, net als de M-ratio, voor taakprestatie en metacognitieve bias, maar heeft als belangrijk voordeel dat het niet afhankelijk is van de beslissingsgrenzen. Dit maakt de V-ratio minder gevoelig voor de variabiliteit in reactietijden en de grens waarmee beslissingen worden genomen.

De V-ratio wordt berekend door te kijken naar de verhouding tussen de driftsnelheid na de beslissing (post-decision drift rate) en de driftsnelheid tijdens het nemen van de beslissing (pre-decision drift rate). De V-ratio laat dus zien in hoeverre mensen na hun beslissing nog extra bewijs verzamelen, en hoe dat extra bewijs bijdraagt aan het vertrouwen in die beslissing (Desender et al., 2022). Wanneer de V-ratio gelijk is aan 1, betekent dit dat iemand even efficiënt bewijsmateriaal verzamelt na zijn beslissing als ervoor. In dat geval helpt dit extra bewijs om correcte keuzes te bevestigen en foutieve keuzes te ondermijnen, waardoor de

metacognitieve efficiëntie toeneemt (Desender et al., 2022). Binnen het domein van perceptuele besluitvorming verwijst het verzamelen van bewijs naar het intern verder nadenken over de keuze die je hebt genomen. Dit verder nadenken over de keuze kan gezien worden als post-decisionele bewijsaccumulatie. Het brein stopt dan niet onmiddellijk met informatieverwerking, maar blijft nog even actief bezig met het evalueren van de keuze op basis van reeds beschikbare informatie. Dit kan bijvoorbeeld door het opnieuw 'oproepen' van de sensorische input uit het geheugen. Mensen gaan dus na hun keuze nog even nadenken over wat ze net gezien hebben, en gebruiken die informatie om hun beslissing opnieuw te evalueren zonder dat ze nieuw dingen te zien krijgen.

Als iemand na de beslissing geen bruikbaar bewijs meer verzamelt, blijft het vertrouwen in correcte en foutieve antwoorden min of meer gelijk. Dat maakt het moeilijker om accuraat in te schatten of een keuze goed of fout was, wat resulteert in een lage metacognitieve efficiëntie. Wanneer iemand effectief verder nadenkt over zijn beslissing, ontstaat er een duidelijker verschil in vertrouwen tussen juiste en foute keuzes. Dit duidelijk verschil in vertrouwen leidt tot beter metacognitief inzicht en stelt mensen in staat hun keuzes beter af te stemmen op hun prestatie bijvoorbeeld door extra informatie te zoeken als het nodig is (Desender et al., 2022). Op die manier ondersteunt post-decisionele bewijsaccumulatie de ontwikkeling van nauwkeurige monitoring en uiteindelijk ook effectievere controlebeslissingen.

In het onderzoek van Desender en collega's (2022) werd een sterke positieve relatie gevonden tussen de M-ratio en de V-ratio. Dit laat zien dat beide maten iets soortgelijks meten, namelijk metacognitieve efficiëntie. Echter, in tegenstelling tot de M-ratio is de V-ratio niet gecorreleerd met de beslissingsgrens. De M-ratio kan vertekend worden wanneer iemand erg voorzichtig of juist impulsief beslist. Als iemand bijvoorbeeld heel voorzichtig is, maakt die minder fouten en lijkt de metacognitieve efficiëntie automatisch hoger, ook al is het vertrouwen misschien helemaal niet zo accuraat. De V-ratio heeft dit nadeel niet. De V-ratio houdt rekening met hoe voorzichtig iemand is en langzaam beslist, of juist snel en impulsief. Dit is een groot voordeel als we metacognitieve efficiëntie willen vergelijken tussen verschillende leeftijdsgroepen. Denk bijvoorbeeld aan kinderen die vaak impulsiever zijn, of oudere volwassenen die net trager en voorzichtiger keuzes maken. De V-ratio blijft een betrouwbare maat voor metacognitieve efficiëntie, ongeacht of iemand kiest voor snelheid of nauwkeurigheid.

1.7 Huidig onderzoek

De afgelopen decennia hebben onderzoekers veel aandacht besteed aan metacognitieve monitoring en controle bij kinderen. Zoals eerder vermeld, hebben de meeste studies naar metacognitie bij kinderen zich gericht op de relatie met schoolse domeinen, zoals

rekenen en geheugen (Bellon, 2020; Rinne & Mazzocco, 2014; Roebers et al., 2014). Binnen deze domeinen werd onderzocht hoe goed kinderen hun eigen kennis kunnen inschatten, of ze weten wat ze wel en niet onthouden hebben, en hoe ze hun leerproces konden bijsturen. Denk bijvoorbeeld aan strategieën zoals een andere aanpak kiezen bij een rekensom, hulp vragen aan de leerkracht of gemaakte fouten verbeteren. Dergelijk onderzoek heeft waardevolle inzichten opgeleverd in de ontwikkeling van metacognitieve vaardigheden tijdens de basisschoolperiode.

Toch zijn onderzoeksresultaten over de ontwikkeling van metacognitieve monitoring en controle bij kinderen niet altijd eenduidig. Sommige studies vonden een duidelijk verband tussen monitoring en controle bij lagere schoolkinderen tussen 8 en 12 jaar (Destan et al., 2014; Krebs & Roebers, 2010; Roebers & Spiess, 2017; Van Loon et al., 2024), terwijl andere studies erop wezen dat metacognitieve monitoring en controle onafhankelijk van elkaar functioneren (O'Leary & Sloutsky, 2017, 2019). Bovendien verschilde de manier waarop metacognitieve vaardigheden werden gemeten sterk tussen studies, bijvoorbeeld via globale zelfbeoordelingen, judgements of learning of trial-by-trial vertrouwensinschattingen. Dit bemoeilijkt de vergelijking van bevindingen en het trekken van algemene conclusies.

In deze masterproef werden metacognitieve monitoring en controle onderzocht binnen het domein van visuele perceptie, waarbij kinderen keuzes maakten op basis van sensorische informatie. Binnen het domein van perceptuele besluitvorming is nog weinig bekend over welke factoren voorspellen of kinderen strategisch extra informatie zoeken, en hoe hun metacognitie daarbij een rol speelt. Dit vormt een belangrijk hiaat in de literatuur, zeker gezien de rol die metacognitie speelt in zelfregulerend leren en academisch succes (Bellon, 2020). Bij volwassenen werd reeds aangetoond dat een laag beslissingsvertrouwen aanzet tot het zoeken naar extra informatie, wat leidt tot meer accurate keuzes (Desender et al., 2018). Informatie zoeken is niet alleen relevant in schoolsituaties, maar ook in het dagelijks leven, waar kinderen regelmatig beslissingen moeten nemen op basis van onzekere informatie (Kelly & Sharot, 2021).

Om betrouwbare vergelijkingen mogelijk te maken, kozen we voor een aanpak die gebruikmaakte van modelgebaseerde maten van metacognitieve efficiëntie (M-ratio en V-ratio). In tegenstelling tot traditionele maten, die vaak beïnvloed worden door taakmoeilijkheid of bias, laten deze maten, de M-ratio en V-ratio, toe om het vermogen tot accurate metacognitieve monitoring onafhankelijk van prestatieverschillen en bias in kaart te brengen.

Hiervoor werd een experimenteel onderzoek uitgevoerd bij kinderen uit het vierde leerjaar. Deze leeftijdsgroep bevindt zich in een belangrijke ontwikkelingsfase op het vlak van metacognitie (Schneider, 2010). De kinderen namen deel aan een visuele perceptietaak

waarbij ze telkens de keuze moesten maken welk van de twee vakken de meeste stippen bevatte. Nadat ze hun keuze hadden gemaakt, werd hen gevraagd hoe zeker ze waren van hun beslissing. Dit beslissingsvertrouwen diende als maat voor hun metacognitieve monitoring. Vervolgens kregen ze de mogelijkheid om extra informatie te zoeken door de stippen nogmaals te bekijken in een eenvoudigere versie, waarin het verschil duidelijker zichtbaar was. Informatie zoeken werd in deze masterproef beschouwd als een vorm van metacognitieve controle. Aan het herbekijken was een kost van één punt verbonden. Dit puntensysteem stimuleerde kinderen om bewust na te denken en in te schatten of het de moeite waard was om een punt op te geven in ruil voor extra zekerheid.

Binnen deze masterproef hebben we ons gericht op twee belangrijke aspecten. Ten eerste wilden we het verband nagaan tussen beslissingsvertrouwen (metacognitieve monitoring) en informatiezoekgedrag (metacognitieve controle). Ten tweede onderzochten we de metacognitieve efficiëntie van de kinderen en hoe deze samenhing met hun informatiezoekgedrag. Met deze masterproef wilden we bijdragen aan de wetenschappelijke literatuur over metacognitie en besluitvorming bij kinderen.

1.8 Onderzoeksvragen

Met deze masterproef richtten we ons op de vraag of en wanneer kinderen extra informatie zochten tijdens een perceptuele taak, en hoe dit samenhing met hun vertrouwen, accuraatheid en metacognitieve efficiëntie. Volgens het theoretische model van Nelson en Narens (1990) is effectieve besluitvorming afhankelijk van een goed samenspel tussen monitoring (het inschatten van de eigen prestaties) en controle (het aanpassen van gedrag op basis van die inschatting). Daarnaast wijzen besluitvormingsmodellen zoals SDT en DDM op het belang van beslissingsvertrouwen als sturend mechanisme bij het zoeken naar extra informatie (Desender et al., 2018).

De centrale onderzoeksvraag luidde: *“Wanneer zoeken kinderen extra informatie tijdens een perpetuele besluitvormingstaak, en hoe wordt dit beïnvloed door hun metacognitieve vaardigheden?”* Op basis van de literatuur en eerdere bevindingen werden drie deelvragen geformuleerd, elk met een bijhorende hypothese.

De eerste deelvraag was *“Voorspelt het beslissingsvertrouwen van kinderen hun keuze om extra informatie te zoeken tijdens een perceptuele taak?”* We verwachtten dat kinderen vaker extra informatie zouden zoeken op trials waarop ze een lager beslissingsvertrouwen hadden, en minder vaak op trials met een hoger beslissingsvertrouwen. Deze verwachting was gebaseerd op eerder experimenteel onderzoek bij volwassenen, waaruit bleek dat een laag beslissingsvertrouwen een voorspeller is voor het zoeken naar extra informatie (Desender et al., 2018). De meeste studies bij kinderen tussen 8 en 12 jaar suggereerden dat kinderen hun

gedrag kunnen aanpassen op basis van hun inschatting van de eigen prestaties (Destan et al., 2014; Krebs & Roebers, 2010). Met deze masterproef wilden we nagaan of dit verband ook gold binnen de context van een perceptuele besluitvormingstaak.

De tweede deelvraag was "*Voorspelt de accuraatheid van kinderen hun keuze om extra informatie te zoeken tijdens een perceptuele taak?"* Door accuraatheid als voorspeller mee te nemen, wilden we nagaan of kinderen vaker extra informatie zochten nadat ze een fout hadden gemaakt. Dit zou wijzen op een adaptieve strategie, waarbij fouten aanleiding geven tot het bijsturen van hun keuze. Binnen een optimale cognitieve leerstrategie is het zinvoller om extra informatie te zoeken na fouten dan na correcte antwoorden (Metcalfe, 2017). We verwachtten dat kinderen vaker extra informatie zouden zoeken na foutieve dan na correcte keuzes. Deze hypothese sloot aan bij eerdere literatuur, waaruit bleek dat kinderen vanaf ongeveer 8 jaar in staat zijn hun prestaties overwegend accuraat te monitoren, en dus beter kunnen inschatten of hun antwoord juist of fout is (Roebers, 2017). Tegelijkertijd ontwikkelt deze monitoring zich verder tijdens de adolescentie en toonden andere studies ook aan dat kinderen vaak een positieve metacognitieve bias vertonen, wat betekent dat ze hun eigen prestaties systematisch overschatten, ook wanneer hun antwoord fout is (Lipko et al., 2009; Rinne & Mazzocco, 2014; Roebers & Spiess, 2017). Hierdoor is het mogelijk dat ze niet altijd correct inschatten wanneer extra informatie nodig was, wat het verwachte verband tussen accuraatheid en informatiezoekgedrag minder consistent of verzwakt zou kunnen hebben.

De derde deelvraag was *"Hoe beïnvloedt metacognitieve efficiëntie het informatiezoekgedrag van kinderen?"* We verwachtten dat kinderen met een hogere metacognitieve efficiëntie beter in staat zouden zijn om strategisch informatie te zoeken. Kinderen met een hogere metacognitieve efficiëntie zouden vaker extra informatie zoeken na een fout. Dit zou wijzen op adaptief informatiezoekgedrag, waarbij vertrouwen accuraat werd ingezet om gedrag bij te sturen. Deze verwachting was gebaseerd op de idee dat metacognitieve efficiëntie een voorwaarde is voor effectieve metacognitieve controle (Nelson & Narens, 1990). Als kinderen kunnen inschatten wanneer ze fout zijn, zijn ze beter in staat om gepaste controlebeslissingen te nemen, zoals herbekijken. Tegelijkertijd is metacognitieve efficiëntie bij kinderen nog volop in ontwikkeling (Schneider & Löffler, 2016), waardoor het mogelijk was dat zij hun vertrouwen in de taak nog niet altijd accuraat konden inzetten om adaptief informatie te zoeken.

2 Methode

Deze studie werd op 5 januari 2024 goedgekeurd door de Sociaal-maatschappelijke Ethische Commissie (SMEC) (G-2022-5075-R3).

2.1 Participanten

De participanten werden gerekruteerd uit vier reguliere basisscholen uit West-Vlaanderen. Hiervan waren twee scholen stedelijke basisscholen en twee scholen katholieke basisscholen. De participanten werden gerekruteerd in volgende scholen: Katholieke Vrije Basisschool De Wingerd in Bavikhove, Stedelijke Basisschool Zuid in Stasegem, Stedelijke Basisschool Noord in Hulste en Katholieke Vrije Basisschool Kleine Vos in Ieper. Het uiteindelijke aantal deelnemers bestond uit 91 leerlingen. Deze leerlingen kwamen uit vijf verschillende klassen verspreid over de vier scholen. De data van één deelnemer werd niet meegenomen omdat de computer tijdens het experiment uitviel waardoor de data niet werd opgeslagen. De participanten van het onderzoek bestonden uit 60 meisjes en 30 jongens (M_{leeftijd} = 9.31 jaar, SD = 0.51).

De gegevens van enkele participanten werden echter niet opgenomen in de uiteindelijke resultaten omwille van de vooropgestelde exclusiecriteria, namelijk (i) proefpersonen die op of onder kansniveau presteerden. De data van proefpersonen die minder dan 55% accuraatheid behaalden, werden uitgesloten. Dit criterium werd gekozen omdat de taak uit twee antwoordopties bestond, waardoor de kans op een correct antwoord bij willekeurige gokstrategieën 50% bedraagt. Aangezien individuele prestaties kunnen fluctueren door toevallige variabiliteit, werd een marge van 5% als fouttolerantie gehanteerd. (ii) proefpersonen die vaker dan 90% van de keren dezelfde vertrouwensknop induwden. Dit criterium werd gekozen omdat deelnemers die in meer dan 90% van de trials dezelfde vertrouwensscore gebruikten mogelijks niet op een betrouwbare manier gebruik maakten van de vertrouwensschaal. De data van 1 kind werd verwijderd omdat ze onder kansniveau presteerde. De data van 10 andere kinderen werd verwijderd omdat ze vaker dan 90% van de keren dezelfde vertrouwensknop gebruikten.

Aan dit onderzoek waren geen specifieke inclusiecriteria verbonden. Via een informatiebrief werd aan de ouders wel gevraagd of hun kind een diagnose had (zoals ASS, ADHD, dyslexie, etc.) en/of het kind meertalig was. Van de deelnemende kinderen bleken tien meertalig te zijn en negen hadden een officiële diagnose.

Het uiteindelijke aantal deelnemers, waarvan de scores werden opgenomen in dit onderzoek, bestond uit 79 kinderen (n_{meisjes} = 56; n_{jongens} = 23; M_{leeftijd} = 9.29; SD = 0.48). De

grootste groep deelnemende leerlingen werd geboren in het jaar 2014 (vierde leerjaar). Voor elke deelnemende leerling werd ouderlijke toestemming verkregen.

2.2 Materialen en stimuli

Deze studie volgde op een eerdere masterproef bij volwassenen (18 tot 26 jaar) en ouderen (60 tot 82 jaar) genaamd “De invloed van veroudering op het evalueren van onze beslissingen” (Kazandjian & Keijers, 2024). Er werd gebruik gemaakt van dezelfde visuele perceptietaak op de computer die ontworpen werd via softwareprogramma PsychoPy 2022.2.4 (Peirce et al., 2019).

Om het experiment geschikt te maken voor de leeftijdsgroep van 8- tot 10-jarigen, werden enkele aanpassingen aan het oorspronkelijke experiment van Kazandjian en Keijers (2024) aangebracht. Er werd gebruik gemaakt van een piratenthema om het experiment aantrekkelijker en speelser te maken voor de kinderen. Gedurende het experiment verscheen er regelmatig een piraat op het scherm met een tekstballon, waarin hij uitleg gaf en de kinderen uitnodigde om hem te helpen bij de taak. De instructies werden vereenvoudigd en afgestemd op het niveau van de kinderen. Ook werden er stickers op het toetsenbord geplakt om duidelijker aan te geven welke toetsen de kinderen moesten gebruiken, met kleuren die overeenkwamen met de gekleurde omkaderingen van de boxen op het scherm. Daarnaast werd de vertrouwensschaal weergegeven met smileys, en de knoppen op het toetsenbord voorzien van smileystickers.

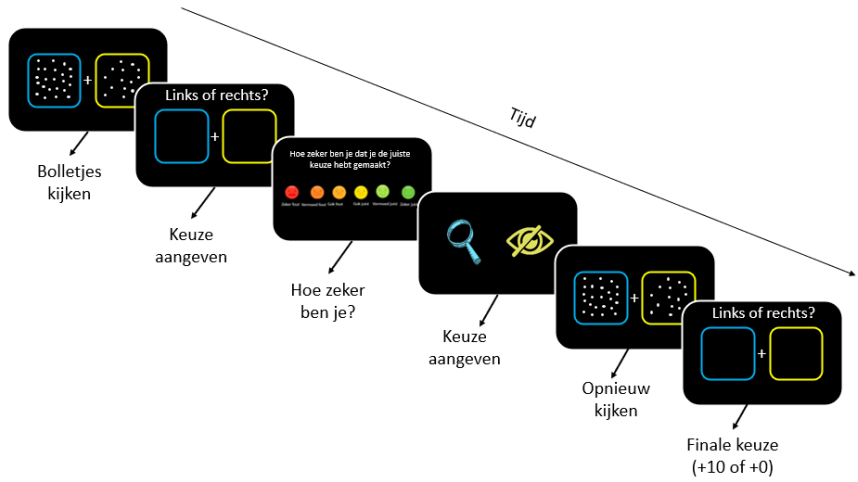
In tegenstelling tot het oorspronkelijke experiment met oudere deelnemers, werd voor de kinderen de langzamere versie van de begintrials weggelaten. Uit een pilootstudie bleek dit niet noodzakelijk voor deze leeftijdsgroep. Verder werd het experiment ingekort om de aandacht van de jonge deelnemers te behouden. Het oorspronkelijke experiment met volwassenen en ouderen in het masterproefonderzoek van Kazandjian & Keijers (2024) bestond uit 9 blokken van 40 trials. Dit werd voor de kinderen veranderd naar 5 blokken van 40 trials. Deze verkorting bleek nodig op basis van bevindingen uit de pilootstudie. Daaruit bleek dat het voor kinderen lastig was om hun concentratie vast te houden tot het einde van het experiment. Bovendien maakte deze aanpassing het mogelijk om het experiment per groepje binnen één lesuur te laten plaatsvinden, wat praktisch was aangezien de afname tijdens schooluren plaatsvond.

2.3 Visuele perceptietaak

De deelnemers namen deel aan een eenvoudige visuele perceptietaak op de computer met een geschatte tijdsduur van 45 tot 60 minuten. Het experiment werd uitgevoerd op vijf persoonlijke computers van het type HP i5 8th Gen. De stimuli werden op het computerscherm

weergegeven op een 22-inch Intel-monitor met een vernieuwingsfrequentie van 60Hz. Deelnemers reageerden op een AZERTY-toetsenbord.

De visuele perceptietaak verschafte ons de data die nodig was om de onderzoeksvragen te beantwoorden. De volgende elementen werden aan de hand van deze computertaak in kaart gebracht: beslissingsvertrouwen, taakprestatie (accuraatheid), beslissnelheid (reactietijd), voorzichtigheid van antwoorden, drift, non-beslissingstijd metacognitieve efficiëntie en informatie zoeken. Het experiment bestond uit drie oefenblokken (N_{trials} = 45). Elk onderdeel had zijn eigen specifieke instructies. Zo kregen de deelnemers de kans om vaardig te worden met het systeem. Na de oefenblokken, volgde er een testfase. Deze bestond uit 5 blokken (N_{trials} = 200) die werden gebruikt bij de data-analyse. In Figuur 2 wordt de algemene structuur van het experiment weergegeven. Om de werking van de visuele perceptietaak te verduidelijken werd eerst het algemeen concept van de taak besproken, hierna werd verduidelijkt wat in ieder oefenblok verwacht werd.



Figuur 2. Algemeen overzicht van het experiment

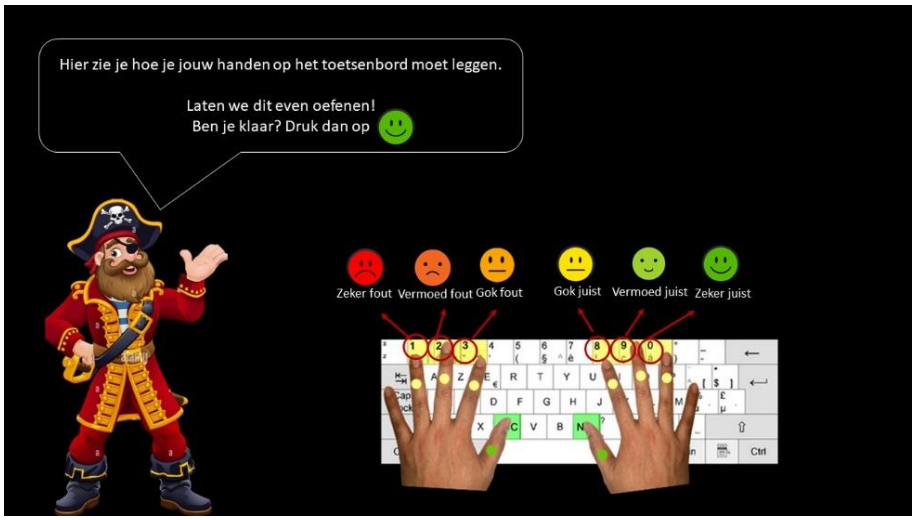
Tijdens de perceptietaak verschenen bij elke trial twee boxen gedurende 500ms op het beeldscherm met een zwarte achtergrond. Deze twee boxen waren rechthoeken met een diameter van 8.5 cm op het scherm, één aan de linker- en één aan de rechterkant van een fixatiekruis. De rechthoeken hadden afmetingen van 7 cm bij 7 cm en werden met een tussenruimte van 2.5 cm van elkaar weergegeven, ongeacht de grootte van het computerscherm. In elke box werden gedurende 500 ms tegelijkertijd een wisselend aantal witte stippen weergegeven binnen de rechthoeken. Eén van de boxen bevatte altijd precies 50 stippen. De andere box had willekeurig meer of minder dan 50 stippen. Voor deze tweede box varieerde het aantal stippen tussen 25 en 49 in de ene set stimuli, en tussen 51 en 75 in de andere set stimuli. De participanten moesten aangeven in welke box de meeste stippen te zien

waren. Daarvoor gebruikten ze de “c-toets” voor de linkerbox en de “n-toets” voor de rechterbox. Om het voor de kinderen makkelijker te maken de toetsen met de juiste box te associëren, werd de rechterbox omlijnd in blauw en de linkerbox in geel. Daarnaast werden de “c” en “n” toetsen op het toetsenbord voorzien van respectievelijk een gele en een blauwe sticker, wat de associatie tussen de toets en de bijbehorende box verder versterkte. Om de deelnemers te motiveren werden ze gescoord op hun keuzes. Ze kregen +10 punten voor een correct antwoord en +0 punten voor een incorrect antwoord.

Na het maken van hun keuze in welke box de meeste stippen stonden, moesten de deelnemers hun vertrouwen in hun beslissing beoordelen. Via een zesvoudige vertrouwensschaal konden de kinderen aangeven hoe zeker ze waren van hun gemaakte keuze. Voor de vertrouwensbeoordelingen gebruikten de kinderen smileys die correspondeerden met numerieke toetsen: 1 (rode smiley) voor “zeker fout”, 2 (donkeroranje smiley) voor “vermoedelijk fout”, 3 (oranje smiley) voor “gok fout”, 8 (gele smiley) voor “gok juist”, 9 (lichtgroene smiley) voor “vermoedelijk juist” en 0 (donkergroene smiley) voor “zeker juist”. Er werd gebruik gemaakt van lokale metacognitieve zelfbeoordelingen waarbij deelnemers telkens na een trial moesten inschatten of ze de trial correct of incorrect hadden ingevuld. Een gelijkaardige manier om vertrouwen te meten vinden we terug in het onderzoek van Bellon et al. (2020). De smileys werden zowel op het computerscherm als op het toetsenbord getoond. Deelnemers werden niet beloond voor de nauwkeurigheid van hun betrouwbaarheidsbeoordelingen.

Na het beoordelen van hun vertrouwen kregen de kinderen de keuze om extra informatie te zoeken door een makkelijkere versie van de boxen te bekijken. Bij deze versie was er een groter verschil in het aantal stippen. Dit kon in ruil voor één punt. Dat konden ze doen door op de “c-toets” (blauwe toets) te drukken voor het “blauwe vergrootglas” (extra informatie) en op de “n-toets” (gele toets) voor het “gele blinde oog” (geen extra informatie).

Om de reactiesnelheid te meten en te vermijden dat kinderen telkens van vinger moesten wisselen bij het indrukken van verschillende toetsen, werden de handen van de kinderen op een vaste positie op het toetsenbord gehouden. Hierdoor konden ze snel en consistent reageren. Hiermee werd ook vermeden dat kinderen telkens op dezelfde knop van vertrouwen duwden tijdens het experiment (zie Figuur 3).



Figuur 3. Voorbeeld instructie handpositie tijdens het experiment

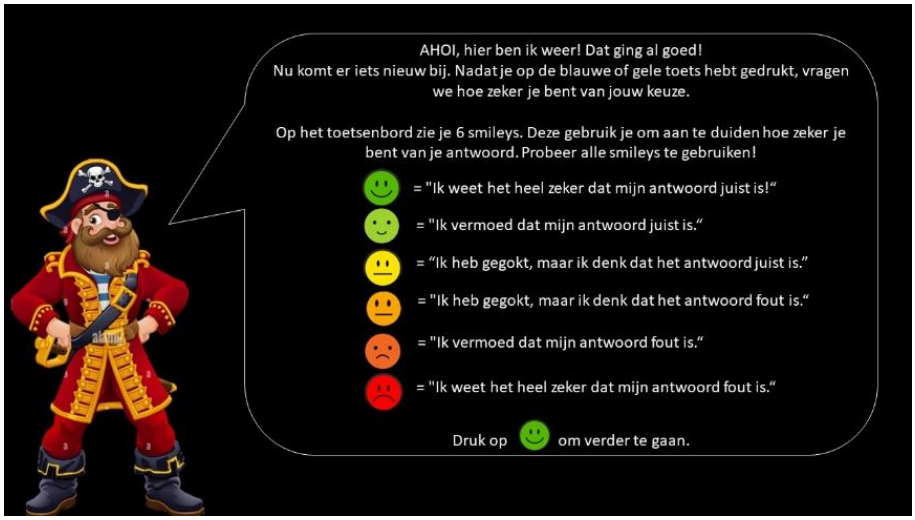
Zoals eerder vermeld werd er een trainingsfase opgesteld om de deelnemers vertrouwd te maken met de taak. De trainingsfase bestond uit 3 blokken van 15 trials. Tussen elk blok verscheen een zwart scherm met daarop de instructie voor het desbetreffende blok. Uit de pilootstudie bleek dat kinderen in het vierde leerjaar moeite hadden om alleen op basis van geschreven instructies volledig te begrijpen wat er van hen verwacht werd. Omdat hun leesvaardigheid en begrip nog in ontwikkeling zijn, was het noodzakelijk om de instructies ook mondeling toe te lichten. Aan de hand van geplastificeerde prenten werd ook telkens een opfrissing gegeven van de verschillende stappen.

Het eerste oefenblok bestond uit 15 proefitems waarin de deelnemers alleen de boxen met stippen te zien kregen, zonder dat er naar hun vertrouwen of extra informatie werd gevraagd (zie Figuur 4). Dit stelde de kinderen in staat om te oefenen met het maken van een keuze tussen de boxen en tegelijkertijd vertrouwd te raken met de functie van de knoppen (C-toets = meer stippen in de linkerbox, N-toets = meer stippen in de rechterbox).



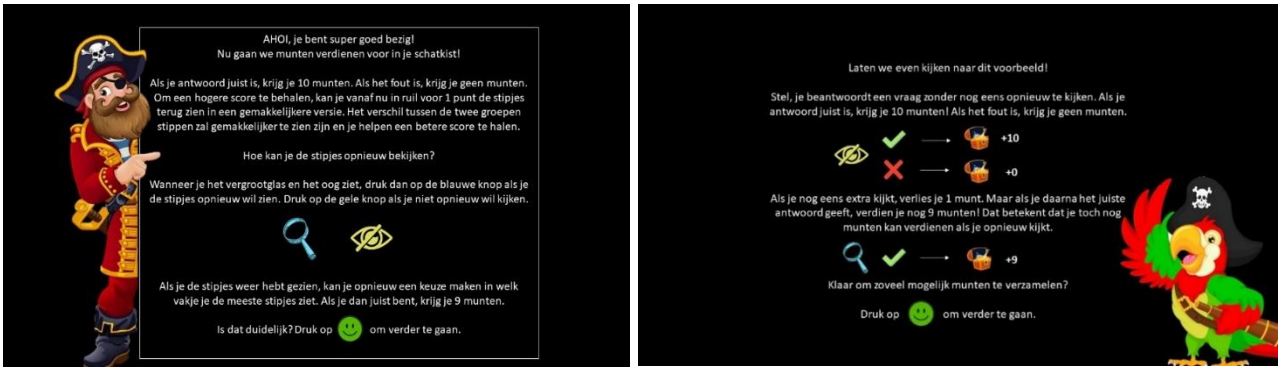
Figuur 4. Instructie blok 1

In het tweede oefenblok werd de deelnemer gevraagd om, nadat die aangaf waar de meeste stippen waren, in te schatten hoe zeker hij of zij was over de gemaakte keuze. Hiervoor gebruikten de kinderen een zesvoudige vertrouwensschaal. Dit tweede oefenblok bestond eveneens uit 15 trials (zie Figuur 5).



Figuur 5. Instructie blok 2

In het derde oefenblok, bestaande uit 15 trials, werd een laatste toevoeging gedaan aan de visuele perceptietaak. Vanaf dit moment verdienden de kinderen punten voor hun taakprestatie: +10 voor een correct antwoord en +0 voor een fout antwoord. Daarnaast kregen ze de mogelijkheid om, in ruil voor 1 punt, de boxen met stippen opnieuw te bekijken in een eenvoudigere versie. Bij deze eenvoudigere versie was het verschil in het aantal stippen tussen beide boxen groter. Hierdoor werd het duidelijker in welke box de meeste stippen stonden. De instructie werd gegeven dat deze eenvoudiger versie kon helpen om een betere score te behalen. Als de deelnemer ervoor koos om de boxen opnieuw te bekijken, moest daarna een definitieve keuze worden gemaakt die de score bepaalde. Indien de deelnemer niet koos voor herbekijken, bepaalde de eerste keuze de score. Deze extra stap werd verduidelijkt met een voorbeeld op het scherm en werd ook mondeling toegelicht (zie Figuur 6).



Figuur 6. Instructie blok 3

Vanaf dit punt zagen de deelnemers na elk blok hun deelscore, samen met de totaalscore die ze tot dan toe hadden behaald. Het puntensysteem werd visueel aantrekkelijk gemaakt voor de kinderen. Zo verschenen na elk blok piratenmunten op het scherm die hun score weergaven. Dit werkte motiverend voor de kinderen. Daarnaast bood een tijdlijn bovenaan het scherm een visuele weergave van hun voortgang binnen het experiment. Bij elk voltooid blok verschoof het piratenschip een stap dichter naar de schatkist, waardoor de kinderen een duidelijk en motiverend doel voor ogen hadden (zie Figuur 7).



Figuur 7. Instructies einde oefenblokken

2.4 Procedure

De deelnemers namen deel aan een eenvoudige computertaak met een geschatte tijdsduur van 45 tot 60 minuten. Voor aanvang van het onderzoek bij de leerlingen, werden ouders/voogden voorzien van een informatiebrief en een geïnformeerd toestemmingsformulier. De geïnformeerde toestemmingsformulieren werden op voorhand door ouders/voogden ondertekend en via de leerkracht aan de onderzoeker bezorgd.

Het experiment werd afgenomen in een afzonderlijke en stille omgeving op de school van de deelnemende leerlingen. Vooraf werden de deelnemers ingedeeld in groepen van maximaal vijf leerlingen. Een onderzoeker begeleidde elk groepje vanuit de klas naar het testlokaal. In het testlokaal waren vijf werkplekken in een cirkelvormige opstelling ingericht, met voldoende tussenruimte tussen elke werkplek. Op elke werkplek stond een computer gereed met de taak in PsychoPy geopend op het scherm. Hierop diende alleen nog het subjectnummer ingevuld te worden. Voor de start van het experiment werd door de onderzoeker duidelijk gemaakt dat het gedurende de volledige testafname stil moest zijn en dat de kinderen hun plaats niet mochten verlaten tot de onderzoeker hiervoor toestemming gaf. Er werd ook een inleidende uitleg gegeven over de opzet van het experiment en praktische richtlijnen over het gebruik van de computers. Er werd de kinderen duidelijk meegedeeld dat

ze enkel de knoppen mochten gebruiken die met een sticker op het toetsenbord werden aangegeven. Alle deelnemers startten gelijktijdig met de taak.

Om ervoor te zorgen dat alle kinderen ongeveer gelijktijdig klaar waren met elk blok en om afleiding van andere kinderen te voorkomen, werd hen gevraagd om stil te wachten als ze klaar waren met een blok. Ze moesten daarbij kijken naar de onderzoeker. Zo wist de onderzoeker wie al klaar was en wie nog bezig was. Pas wanneer alle kinderen het blok hadden afgerond, mochten de kinderen starten met het volgende blok. Op deze manier konden alle kinderen tegelijkertijd aan het volgende blok beginnen. Zodra alle kinderen het experiment hadden afgerond, kregen ze als dank voor hun deelname een kleine attentie in de vorm van een piratenpotlood. Daarna begeleidde de onderzoeker de kinderen terug naar hun klas.

2.5 Uitkomstvariabelen

Een eerste variabele was de reactietijd van de eerste keuze, ofwel de tijd die een deelnemer nodig had om een beslissing te nemen over welke stimulus de meeste stippen bevatte. Daarnaast werd ook de reactietijd van de tweede keuze geregistreerd, namelijk de tijd die nodig was om een beslissing te maken na het eventueel opnieuw bekijken van de stimulus. Verder werd per trial het vertrouwensoordeel bijgehouden, waarbij deelnemers een zelfbeoordeling gaven over de zekerheid van de gemaakte keuze op een schaal van één tot zes. Ook de reactietijd voor het geven van het vertrouwensoordeel werd bijgehouden. Verder werd ook de accuraatheid geregistreerd, een binaire variabele die aangaf of het antwoord correct was (1 = correct, 0 = incorrect). Tot slot werd het informatiezoekgedrag geregistreerd, waarbij per trial werd bijgehouden of de deelnemer ervoor koos om extra informatie op te zoeken alvorens een uiteindelijke beslissing te maken (1 = herbekeken, 0 = niet herbekeken).

Daarnaast werden voor elke deelnemer een aantal bijkomende computationele variabelen berekend. Deze parameters zijn gebaseerd op een uitbreiding van het DDM en gaven extra informatie over hoe deelnemers hun beslissingen namen tijdens de taak. Een eerste parameter was de *voorzichtigheidsgrens.* Dit is de grens die bepaalt hoe voorzichtig iemand beslissingen neemt. Hoe hoger deze grens, hoe voorzichtiger de deelnemer is en hoe langer hij of zij wacht voordat er een beslissing wordt genomen. Een lage grens betekent dat iemand sneller beslist, wat kan wijzen op impulsief gedrag. Dit kan ertoe leiden dat een deelnemer sneller fouten maakt omdat hij of zij minder tijd neemt om informatie te verwerken. Een tweede variabele was de *drift rate.* Deze variabele geeft aan hoe efficiënt een deelnemer informatie verwerkt tijdens de taak. Een hoge drift rate betekent dat iemand snel en accuraat taakrelevante informatie verzamelt, wat vaak leidt tot betere prestaties. Daarnaast werd ook de *non-beslissingstijd* berekend. Dit is de tijd die niet rechtstreeks te maken heeft met het nemen van een beslissing, maar eerder met andere processen. Denk bijvoorbeeld aan de tijd

die nodig is om de stimulus te verwerken of om op een knop te drukken. Deze variabelen werden berekend in RStudio met behulp van een R-script dat beschikbaar werd gesteld door Desender en Vermeylen (2022).

Verder werd de metacognitieve efficiëntie van de deelnemers berekend aan de hand van twee maten: de M-ratio en de V-ratio. Beide variabelen werden berekend in RStudio. De M-ratio werd berekend op basis van de methode beschreven door Maniscalco en Lau (2012). De M-ratio is de verhouding tussen *meta-d'* en *d'*, waarbij *meta-d'* werd geschat met behulp van de computeMetaDa-functie. Deze functie past een maximum likelihood-estimatie toe binnen een signaaldetectiemodel, waarbij een normale verdeling werd aangenomen voor de interne ruisverdeling. Om de stabiliteit van de schattingen te waarborgen, werden aanvullende controles uitgevoerd waarbij ook een logistische en een Gumbel-verdeling werden getest. Bovendien werd een constante waarde van 0.5 toegevoegd aan elke cel in de frequentietabellen, om instabiele schattingen te vermijden bij lage frequenties of lege cellen.

De V-ratio werd in dit onderzoek berekend met behulp van het R-script van Desender en Vermeylen (2022). Dit script is gebaseerd op de methode zoals beschreven in Desender et al. (2022). De analyse werd met de volgende pakketversies uitgevoerd: Rcpp (v1.0.7), RcppZiggurat (v0.1.6), DEoptim (v2.2.6) en reshape (v0.8.8). Om de betrouwbaarheid van de schattingen te verhogen en extreme waarden te vermijden, werden reactietijden die langer waren dan drie seconden voor de eerste-orde taak en langer dan 5 seconden voor vertrouwensoordelen gefilterd. De uiteindelijke V-ratio per deelnemer werd afgeleid uit de best passende parameterset, en werd gebruikt als maat voor metacognitieve efficiëntie.

3 Resultaten

3.1 Beschrijvende statistieken

3.1.1 Vertrouwen

Tijdens de perceptuele taak rapporteerden de deelnemers hun vertrouwen op een schaal van 1 (zeker fout) tot 6 (zeker correct). De samenvattende statistieken zijn terug te vinden in tabel 1.

Tabel 1
Samenvattende statistieken vertrouwen

	Vertrouwen (op een schaal van 1 tot 6)				Reactietijd (in seconden)			
	M	*SD*	*Min*	*Max*	*M*	*SD*	*Min*	*Max*
Over alle trials	5.09	0.44	3.91	5.82	1.25	0.55	0.44	3.19
Na juiste trials	5.18	0.44	4.05	5.82	1.22	0.56	0.37	3.16
Na foute trials	4.79	0.54	3.21	5.84	1.32	0.57	0.41	3.31

De kinderen gaven een hoger vertrouwen en gaven sneller hun vertrouwensoordeel bij juiste keuzes dan bij foute keuzes. Bij foutieve keuzes was het gemiddelde vertrouwen lager en de reactietijd langer. Het verschil in gemiddeld vertrouwen tussen juiste en foute keuzes was statistisch significant ($t(78) = -10.71$, $p < .001$). Ook het verschil in gemiddelde reactietijd voor vertrouwen tussen juiste en foute keuzes was significant verschillend ($t(78) = -2.88$, $p = .005$).

3.1.2 Accuraatheid

De samenvattende statistieken van accuraatheid op de eerste en op de tweede keuze na herbekijken worden weergegeven in tabel 2.

Tabel 2
Samenvattende statistieken accuraatheid

	Accuraatheid (% correct opgelost)				Reactietijd (in seconden)			
	M	*SD*	*Min*	*Max*	*M*	*SD*	*Min*	*Max*
Eerste keuze	76.56	6.10	59.50	86.00	1.30	0.24	0.83	1.80
Na herbekijken	94.97	7.24	71.43	100	1.17	0.35	0.57	2.59

Na herbekijken nam de accuraatheid van de deelnemers gemiddeld toe. Het verschil tussen de gemiddelde accuraatheid op de eerste poging en de tweede poging was statistisch significant ($t(74) = -25.54$, $p < .001$). Wat betreft de verschillen tussen de reactietijden op de eerste en de tweede poging van de deelnemers, waren de deelnemers significant sneller bij hun tweede keuze ($t(74) = 3.95$, $p < .001$).

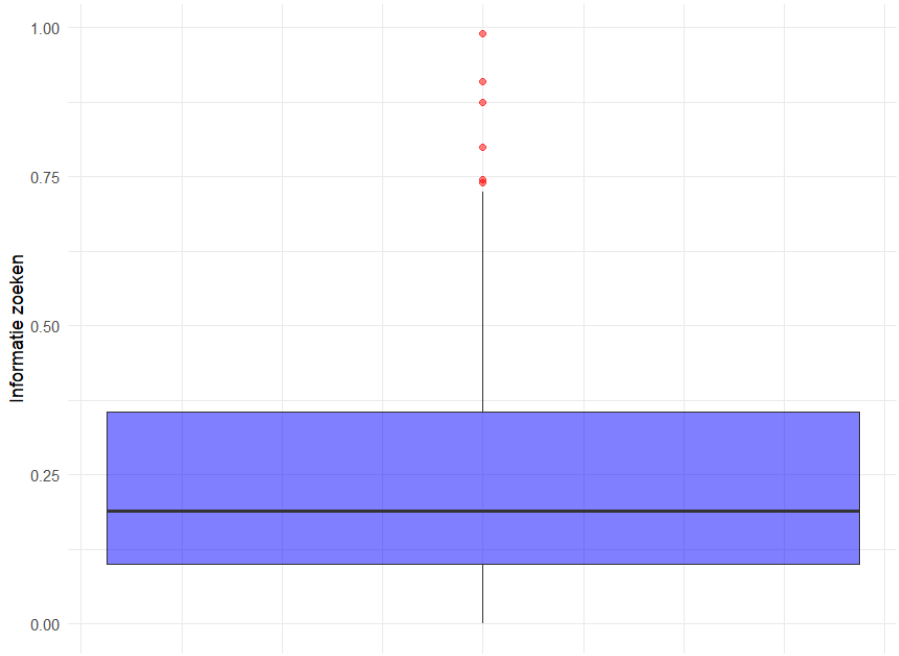
3.1.3 Informatie zoeken

De statistieken van het informatie zoeken staan beschreven in onderstaande tabel 3.

Tabel 3
Samenvattende statistieken informatie zoeken

	Informatie zoeken (% herbekeken)					Reactietijd (in seconden)			
	M	*SD*	*Min*	*Max*	*Mediaan*	*M*	*SD*	*Min*	*Max*
Totaal	27.39	24.47	0.00	99.00	19.00	0.99	0.44	0.27	2.24

Er was een grote spreiding in het aantal keren dat kinderen ervoor kozen om de stimulus opnieuw te bekijken. Sommige deelnemers maakten nooit gebruik van de mogelijke om extra informatie te zoeken, terwijl andere kinderen dit bijna bij elke keuze deden. De mediaan toont dat de helft van de kinderen in minder dan 19% van de trials extra informatie zochten, en de andere helft van de kinderen in meer dan 19% van de trials. Deze spreiding, zoals weergegeven in Figuur 8, toont de individuele verschillen in het zoeken van informatie tussen de deelnemers.



Figuur 8. Boxplot spreiding informatie zoeken

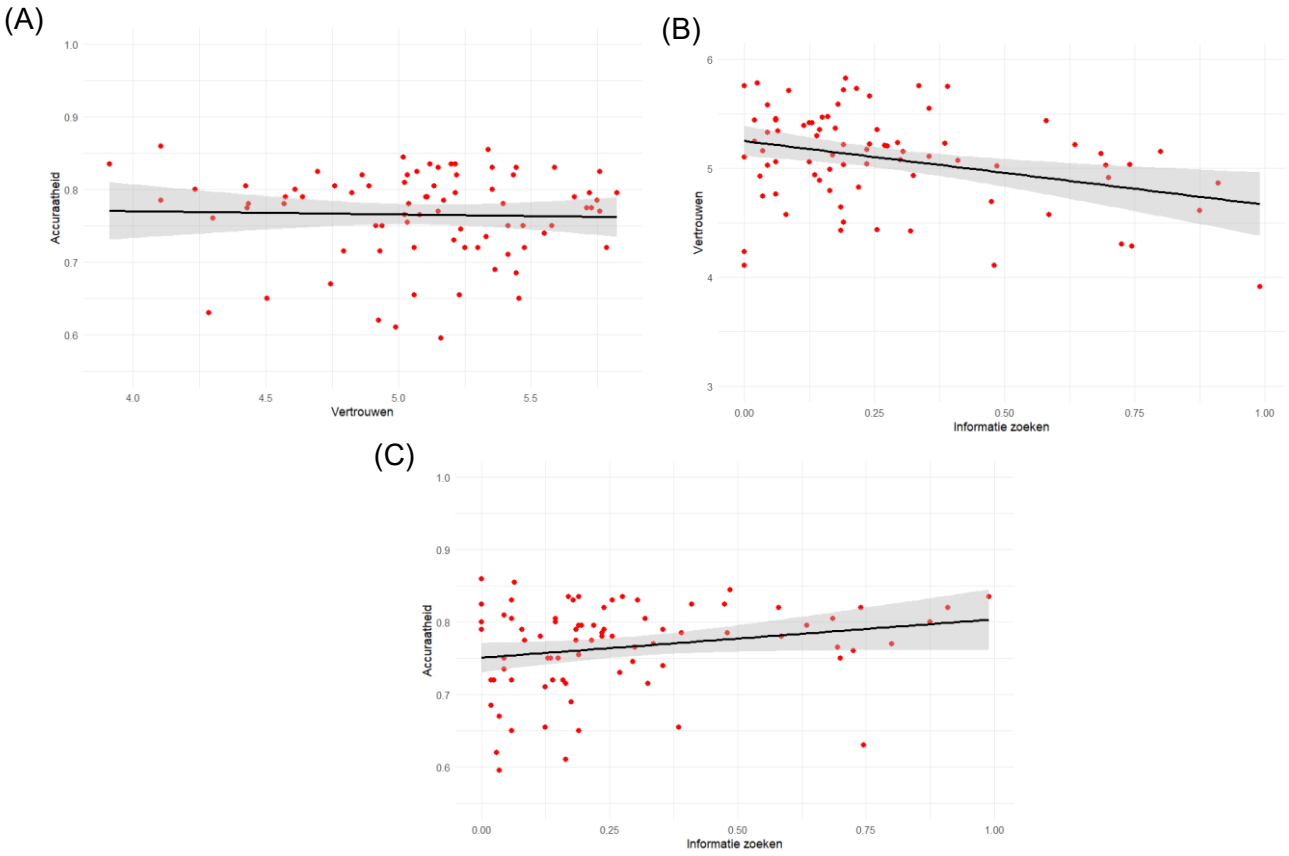
3.1.4 Verbanden tussen vertrouwen, accuraatheid en informatie zoeken

In dit onderdeel werden tussen-subjectanalyses uitgevoerd op geaggregeerde data per deelnemer. Voor elk kind werd het gemiddelde beslissingsvertrouwen op de eerste keuze, de gemiddelde accuraatheid op de eerste keuze en de gemiddelde proportie herbekeken trials berekend. Vervolgens werden Pearson-correlaties berekend om de lineaire samenhang tussen deze variabelen te onderzoeken.

De correlatie tussen de gemiddelde accuraatheid en het gemiddelde vertrouwen op de eerste keuze was niet significant (r = -.03, p = .782). Figuur 9A toont dat er geen lineair verband gevonden werd tussen hoe zeker kinderen gemiddeld waren over hun keuzes en de gemiddelde accuraatheid van hun keuzes.

Er werd wel een significante negatieve correlatie gevonden tussen het gemiddelde vertrouwen en de gemiddelde proportie herbekeken trials (r = -.33, p = .003). Zoals Figuur 9B toont kozen kinderen die gemiddeld minder vertrouwen hadden in hun keuzes, ook gemiddeld vaker om informatie te zoeken.

Er werd geen significant lineair verband gevonden tussen de gemiddelde accuraatheid op de eerste keuze en de gemiddelde proportie herbekeken trials (r = .21, p = .06). De vlakke regressielijn in Figuur 9C toont dat er geen duidelijk lineair verband was.



Figuur 9. Scatterplots met regressielijnen die de verbanden tonen tussen gemiddeld vertrouwen, gemiddelde accuraatheid en de gemiddelde proportie informatie zoeken bij kinderen. (A) toont het verband tussen het gemiddelde beslissingsvertrouwen en de gemiddelde accuraatheid. (B) toont het verband tussen het gemiddelde vertrouwen en de gemiddelde proportie informatie zoeken (herbekeken trials). (C) toont het verband tussen de gemiddelde accuraatheid en de gemiddelde proportie informatie zoeken. Elke rode stip stelt één deelnemer voor. De zwarte lijn is een lineaire regressielijn die het best passende verband tussen alle deelnemers weergeeft, met 95%-betrouwbaarheidsinterval (grijs vlak).

3.2 Effect van vertrouwen op informatie zoeken

Binnen de huidige experimentele studie werd onderzocht of het beslissingsvertrouwen dat kinderen op een trial hadden in hun eerste keuze, voorspellend was voor het al dan niet zoeken naar extra informatie op diezelfde trial.

Vergelijking tussen herbekeken en niet-herbekeken trials

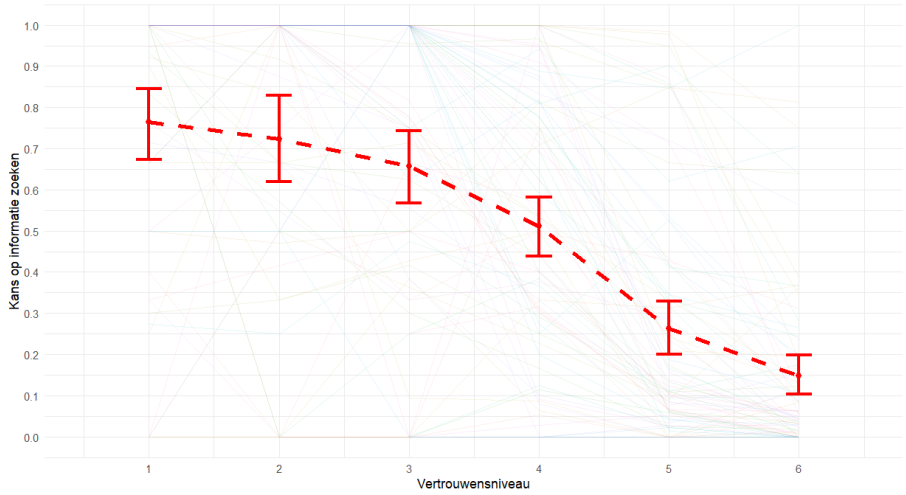
In een eerste analyse werd het gemiddeld beslissingsvertrouwen vergeleken tussen trials waarin kinderen ervoor kozen om de stimulus opnieuw te bekijken en trials waarin ze onmiddellijk een antwoord gaven zonder herbekijken. Het gemiddelde vertrouwen op de eerste keuze was significant hoger in trials zonder herbekijken (M = 5.36, SD = 0.46) dan in trials waarin wel extra informatie werd gezocht (M = 4.18, SD = 0.79, $t(74) = -12.41$, $p < .001$). Deze

resultaten tonen dat kinderen vooral extra informatie zochten wanneer ze minder vertrouwen hadden in hun oorspronkelijke keuze.

Vertrouwen als voorspeller van informatie zoeken

Verder werd onderzocht of het beslissingsvertrouwen op een keuze voorspellend was voor het zoeken naar extra informatie op die keuze. Hiervoor werd gekeken naar de binnen-subject effecten met behulp van een *generalised linear mixed model (GLMM)*, waarmee gecontroleerd werd voor de herhaalde metingen binnen elke deelnemer. In dit model werd informatie zoeken gemodelleerd als binaire afhankelijke variabele (herbekeken of niet), en beslissingsvertrouwen (schaal van 1 tot 6) als categorische voorspeller. Een random intercept per deelnemer werd toegevoegd om te corrigeren voor interindividuele verschillen.

Uit de analyse van variantie (ANOVA) bleek dat beslissingsvertrouwen een sterke significante negatieve voorspeller was van informatie zoeken ($\chi^2(5) = 1975$, $p < .001$). Kinderen met een hoger vertrouwen in hun eerste keuze waren significant minder geneigd om de stimulus opnieuw te bekijken bij die keuze. Zoals weergegeven in Figuur 10 daalde de kans op informatie zoeken geleidelijk naarmate het beslissingsvertrouwen toenam. De figuur toont de geschatte kans op herbekijken per niveau van vertrouwen. Bij lage vertrouwensniveaus (niveau 1 en 2) herbekeken kinderen de stimulus in ongeveer 70–80% van de gevallen, terwijl die kans bij het hoogste niveau van vertrouwen (niveau 6) afnam tot 12%.



Figuur 10. Effect van vertrouwen op informatie zoeken

3.3 Effect van accuraatheid op informatie zoeken

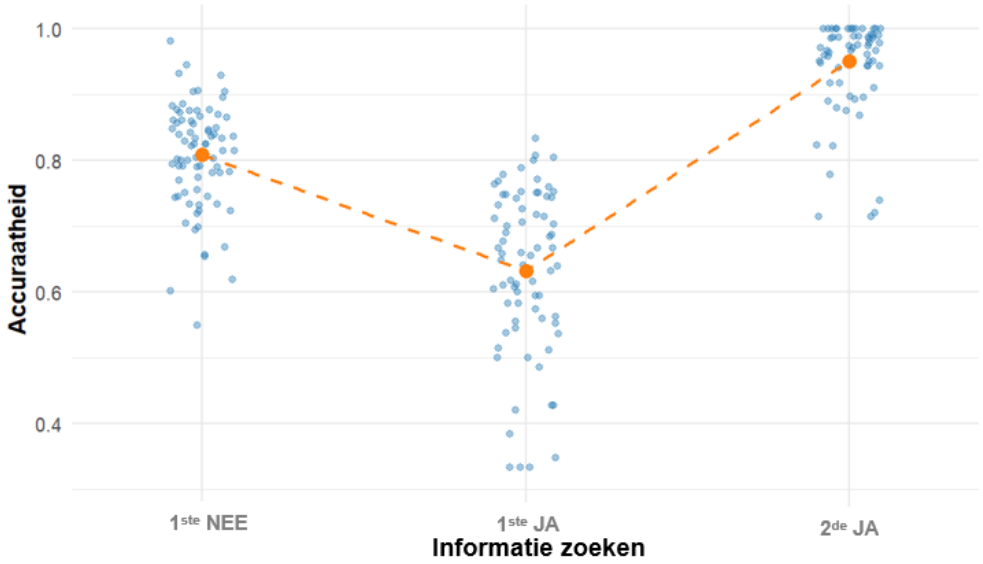
In dit onderdeel werd onderzocht in welke mate de accuraatheid van de eerste keuze samenhing met het informatiezoekgedrag van kinderen. Deze onderzoeksvraag richtte zich op de hypothese dat kinderen eerder geneigd zijn om extra informatie te zoeken wanneer ze onzeker zijn omdat hun keuze fout was.

Vergelijking tussen herbekeken en niet-herbekeken trials

Een eerste analyse vergeleek de gemiddelde accuraatheid van de eerste keuze tussen trials waarin kinderen ervoor kozen om de stimulus opnieuw te bekijken en trials waarin ze onmiddellijk een antwoord gaven. De accuraatheid was significant hoger in trials zonder herbekijken (M = 80.79%, SD = 8.26%) dan in trials waarin wel extra informatie werd gezocht (M = 61.78%, SD = 15.20%, $t(74) = 11.43$, $p < .001$). Deze resultaten suggereren dat kinderen vaker geneigd waren om extra informatie te zoeken wanneer ze op de eerste keuze fout waren.

Effect van herbekijken op accuraatheid

Daarnaast werd gekeken naar het effect van herbekijken op de accuraatheid. Zoals weergegeven in Figuur 11, lag de gemiddelde accuraatheid op de tweede keuze (na herbekijken) gemiddeld hoger (M = 94.97%) dan zowel de gemiddelde accuraatheid op de eerste keuze in herbekeken trials, als de gemiddelde accuraatheid bij niet-herbekeken trials. Dit suggereert dat het herbekijken van de stimulus een effectieve strategie was, die kinderen hielp om hun keuze te verbeteren.



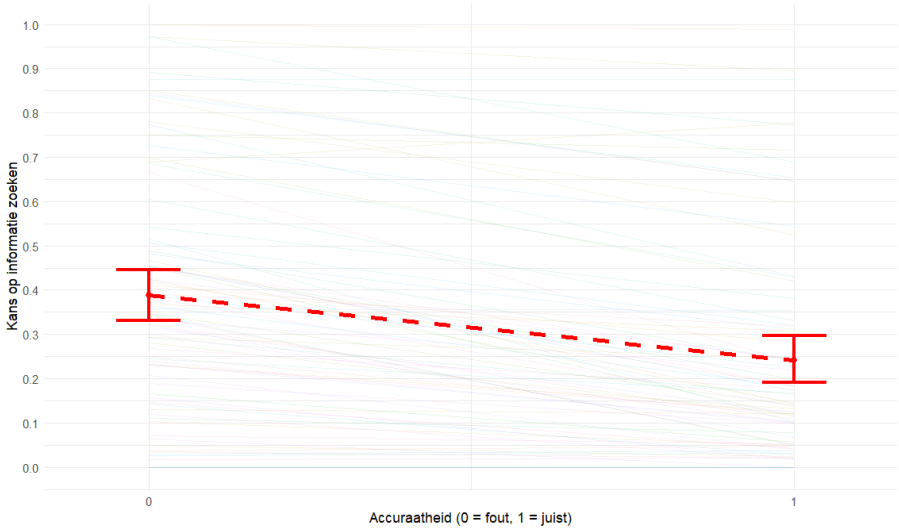
Figuur 11. Gemiddelde proportie correcte antwoorden per informatiezoekgedrag '1ste NEE' verwijst naar de gemiddelde accuraatheid in trials waarin niet werd herbekeken. '1ste JA' geeft de gemiddelde accuraatheid voor herbekijken weer in trials waarin wel werd herbekeken. '2de JA' is de gemiddelde accuraatheid na herbekijken.

Accuraatheid als voorspeller van informatie zoeken

Vervolgens werd onderzocht of accuraatheid op een trial voorspellend was om extra informatie te zoeken. Hiervoor werd opnieuw een GLMM geschat. Informatie zoeken werd opnieuw gemodelleerd als binaire afhankelijke variabele, en accuraatheid op de eerste keuze

als binaire predictor (0 = fout, 1 = juist). Door gebruik te maken van een random intercept per deelnemer, werd gecontroleerd voor verschillen tussen kinderen.

De resultaten toonden een sterk significant effect van accuraatheid ($\chi^2(1) = 389.46$, $p < .001$). Kinderen waren minder geneigd om informatie te zoeken na een juiste keuze dan na een foute keuze. Dit patroon is visueel weergegeven in Figuur 12, waarin duidelijk te zien is dat de kans op herbekijken lager ligt bij juiste ($M = 24.38\%$) dan bij foute eerste keuzes ($M = 39.07\%$).



Figuur 12. Effect van accuraatheid op informatie zoeken

Gecombineerd model: unieke bijdrage van vertrouwen en accuraatheid

In een derde model werd onderzocht of het effect van accuraatheid op informatie zoeken standhield wanneer ook beslissingsvertrouwen werd opgenomen in het model. In dit gecombineerde GLMM werden zowel accuraatheid als vertrouwen op de eerste keuze opgenomen als predictoren, samen met hun interactie. De resultaten toonden significante hoofdeffecten van zowel vertrouwen ($\chi^2(5) = 1848.67$, $p < .001$) als accuraatheid ($\chi^2(1) = 162.56$, $p < .001$). De interactie tussen beide variabelen was echter niet significant ($\chi^2(5) = 8.20$, $p = .146$). Het model met interactie (AIC = 11239, BIC = 11338) werd vergeleken met het model zonder interactie (AIC = 11237, BIC = 11298). Het toevoegen van de interactie aan het model verbeterde het model ook niet significant ($X^2(5) = 8.07$, $p = .153$). Hieruit bleek dat beslissingsvertrouwen en accuraatheid op de eerste keuze elk een onafhankelijke bijdrage leverden aan de voorspelling van informatie zoeken.

Bij vergelijking van de chi-kwadraatwaarden bleek dat vertrouwen een grotere bijdrage leverde aan de verklaarde variantie ($\chi^2 = 1845.72$) dan accuraatheid ($\chi^2 = 160.12$). Dit

suggereert dat hoewel beide factoren invloed uitoefenden, beslissingsvertrouwen op de eerste keuze een sterkere voorspeller was voor het zoeken naar extra informatie.

3.4 Effect van metacognitieve efficiëntie op informatie zoeken

Tot slot werd onderzocht of metacognitieve efficiëntie samenhing met de keuze om extra informatie te zoeken. Metacognitieve efficiëntie verwijst naar de mate waarin het beslissingsvertrouwen accuraat de juistheid van keuzes weerspiegelt, los van taakprestatie of bias. Om metacognitieve efficiëntie te berekenen werd gebruikgemaakt van de computationele modelparameters: M-ratio en V-ratio.

M-ratio

Er werd per deelnemer een M-ratio berekend (Fleming & Lau, 2014) om de efficiëntie te kwantificeren waarmee de vertrouwensbeoordelingen van elke deelnemer te onderscheiden zijn tussen zijn of haar juiste en onjuiste antwoorden (*meta d'*) terwijl ze de prestaties van de eerste orde (*d'*) controleren. Gemiddeld over de omstandigheden was d' 1.44 (*SD* = 0.40) en de gemiddelde meta-d' was 0.72 (*SD* = 0.40), wat een gemiddelde M-ratio van 0.50 (*SD* = 0.32) gaf. Om te toetsen of deze gemiddelde M-ratio significant afwijkt van 1, werd een one-sample *t*-test uitgevoerd. De resultaten toonden aan dat de M-ratio significant lager was dan 1 ($t(78) = -13.22$, $p < .001$). Wanneer de ratio significant kleiner is dan 1, is de metacognitieve efficiëntie suboptimaal, wat betekent dat niet alle beschikbare informatie uit de eerste-orde beslissing wordt gebruikt in het metacognitieve oordeel (Fleming & Lau, 2014).

In een eerste analyse werd een lineair gemengd model geschat waarin de gemiddelde proportie herbekeken trials per deelnemer werd voorspeld op basis van de gemiddelde M-ratio. De resultaten toonden aan dat de M-ratio geen significant effect had op het aantal keer dat kinderen gemiddeld informatie zochten ($\chi^2 = 0.80$, $p = .372$). Dit suggereert dat kinderen met een hogere metacognitieve efficiëntie niet systematisch meer of minder geneigd waren om extra informatie te zoeken. In een tweede analyse werd een GLMM uitgevoerd, waarin informatie zoeken werd gemodelleerd op basis van twee predictoren: de accuraatheid van de eerste keuze en de gemiddelde M-ratio van de deelnemer. Daarnaast werd de interactie tussen accuraatheid en de gemiddelde M-ratio opgenomen, en een random intercept per deelnemer toegevoegd om verschillen tussen personen te controleren. Uit deze analyse bleek dat de interactie tussen accuraatheid en M-ratio significant was ($\chi^2(1) = 28.77$, $p < .001$). Dit betekent dat het effect van accuraatheid op informatie zoeken afhankelijk was van de metacognitieve efficiëntie van het kind. Concreet leken kinderen met een hogere M-ratio beter in staat te zijn om te herkennen wanneer ze een fout maakten, en kozen vaker om extra informatie te zoeken na een fout dan na een correcte keuze.

V-ratio

Om inzicht te krijgen in hoe kinderen keuzes maken, werden verschillende metingen uitgevoerd die gerelateerd zijn aan de beslissingsparameters. De gemiddelde voorzichtigheidsgrens bij kinderen in deze studie bedroeg 1.66 (*SD* = 0.22). De gemiddelde drift rate was 0.70 (*SD* = 0.20). De non-beslissingstijd bedroeg gemiddeld 0.51 (*SD* = 0.18). Tot slot werd ook de V-ratio berekend, die de verhouding tussen drift rate en de besluitvormingsgrens weergeeft. De gemiddelde V-ratio was 0.37 (*SD* = 0.26). Dit lag lager dan de gemiddelde M-ratio (*M* = 0.50).

Er werd opnieuw een lineair model geschat waarin de gemiddelde proportie herbekeken trials werd voorspeld op basis van de gemiddelde V-ratio. De resultaten toonden aan dat de V-ratio geen significant effect had op het zoeken naar informatie (χ^2 = 0.88, p = .349). Vervolgens werd hetzelfde GLMM-model als bij de M-ratio opnieuw geschat, maar nu met de gemiddelde V-ratio als predictor in plaats van de M-ratio. In dit model werd informatie zoeken gemodelleerd op basis van accuraatheid op de keuze, gemiddelde V-ratio en hun interactie, met een random intercept per deelnemer. De resultaten toonden een significante interactie tussen accuraatheid en V-ratio (χ^2 = 14.66, p = .001). Dit betekent dat de V-ratio beïnvloedt hoe sterk accuraatheid samenhing met informatie zoeken. Kinderen met een hogere V-ratio pasten hun informatiezoekgedrag beter aan op basis van hun accuraatheid. Ze zochten vaker extra informatie na een fout en minder na een correcte keuze. Bij kinderen met een lagere V-ratio was dit verschil kleiner.

4 Discussie

Deze masterproef had tot doel om te onderzoeken of en wanneer kinderen van 8 tot 10 jaar (vierde leerjaar) extra informatie zochten tijdens een experiment met perceptuele besluitvorming, en hoe de keuze om informatie te zoeken samenhing met hun metacognitieve vaardigheden. Tot op heden werd dit type fijnmazig en experimenteel onderzoek naar metacognitie vooral uitgevoerd bij volwassenen (Desender et al., 2018; Kazandjian & Keijers, 2024). Met deze masterproef wilden we deze onderzoeksfocus verbreden naar kinderen. Eerder onderzoek bij kinderen richtte zich vooral op metacognitie in relatie tot schoolse domeinen zoals rekenen of geheugen (Bellon et al., 2020; Destan et al., 2014; Hembacher & Ghetti, 2014). Het bleef onduidelijk hoe deze vaardigheden zich precies uiten in de context van perceptuele besluitvorming.

De bevindingen van de resultaten worden besproken tegen de achtergrond van het bestaande theoretische model voor metacognitie van Neslon en Narens (1990). Zoals eerder vermeld, wordt binnen dit model een onderscheid gemaakt tussen twee niveaus: het *objectniveau*, waar de cognitieve taakuitvoering plaatsvindt (zoals het nemen van een beslissing), en het *metaniveau*, dat deze processen monitort en waar nodig bijstuurt. De interactie tussen deze niveaus verloopt via twee processen: metacognitieve monitoring, waarbij informatie van het objectniveau wordt geëvalueerd op het metaniveau, en metacognitieve controle, waarbij het metaniveau beslissingen neemt en die terugkoppelt naar het objectniveau om het gedrag aan te passen. In deze masterproef werd de vraag gesteld in welke mate kinderen hun metacognitieve monitoring (beslissingsvertrouwen) gebruikten als intern feedbacksignaal voor hun controlebeslissingen (informatie zoeken), en hoe de accuraatheid op hun keuze en metacognitieve vaardigheden hierin een rol spelen. Deze discussie volgt vier centrale thema's: (1) het verband tussen vertrouwen en informatie zoeken, (2) de rol van accuraatheid, (3) hun onderlinge wisselwerking in informatie zoeken en (4) de rol van metacognitieve efficiëntie. Tot slot wordt kort stilgestaan bij de mogelijke relevantie van deze bevindingen voor het onderwijs.

4.1 Vertrouwen en informatie zoeken

Binnen de huidige experimentele studie werd onderzocht of het vertrouwen dat kinderen hadden in hun eerste keuze een invloed had op het zoeken naar extra informatie. De resultaten wezen uit dat beslissingsvertrouwen, als maat voor metacognitieve monitoring, een sterke voorspeller was van metacognitieve controle, uitgedrukt in de keuze om extra informatie te zoeken. Kinderen die een lager vertrouwen hadden in hun keuze, zochten significant meer extra informatie bij die keuze. Het gemiddelde vertrouwen op trials waarin deelnemers kozen om te herbekijken was ook significant lager dan het gemiddelde vertrouwen bij trials waarin deelnemers niet kozen om te herbekijken. Deze bevindingen lag in lijn met de verwachting.

Kinderen maakten tijdens het uitvoeren van de perceptuele besluitvormingstaak gebruik van metacognitieve monitoring om hun gedrag bij te sturen. Dit ondersteunt de aanname van Nelson en Narens (1990) dat monitoring en controle nauw met elkaar verbonden zijn en elkaar wederzijds beïnvloeden. De resultaten toonden aan dat kinderen in zekere mate in staat zijn om informatie op het metaniveau te gebruiken om hun gedrag op het objectniveau aan te passen.

Eerder experimenteel onderzoek bij volwassenen toonde aan dat beslissingsvertrouwen een belangrijke voorspeller bleek te zijn voor informatie zoeken (Desender et al., 2018). Net als in deze masterproef vonden Desender et al. (2018) dat deelnemers op individuele trials vaker extra informatie zochten wanneer hun vertrouwen op die keuze lager was. In deze studie werd ook een lineair verband gevonden tussen het gemiddelde vertrouwen en het gemiddeld aantal keer informatie zoeken. Kinderen die gemiddelde genomen zekerder waren, zochten gemiddeld genomen dus ook minder naar informatie.

Deze bevinding komt overeen met onderzoek bij kinderen waaruit bleek dat het vertrouwen in hun keuze samenhing met de manier waarop ze hun gedrag daarop aanpassen. Destan et al. (2014) toonde in een geheugentaak aan dat kinderen tussen 5 en 7 jaar hun vertrouwen gebruikten om hun keuze te sturen. Ook in het onderzoek van Krebs en Roebers (2010) gingen kinderen van 8 tot 12 jaar hun vertrouwen in hun keuze gebruiken om hun gedrag aan te passen. Ook bij kleuters werd een samenhang gevonden tussen het vertrouwen in de keuze en hun gedrag. In het onderzoek van Coughlin et al. (2015) vroegen kleuters van drie tot vijf jaar vaker om hulp bij proeven waarin ze minder vertrouwen hadden. Onze resultaten zijn verschillend van enkele andere onderzoeken die geen verband vonden tussen het vertrouwen en controlegedrag van kinderen. Bijvoorbeeld in de studie van O'leary en Sloutsky (2017, 2019) werd geen samenhang gevonden tussen het vertrouwen van kinderen tussen 5 en 7 jaar en de keuze die ze moesten maken tussen makkelijke en moeilijkere taakversies. Een mogelijke verklaring voor deze verschillende resultaten is dat ons onderzoek gebruik maakte van lokale metacognitieve oordelen waarbij kinderen na elke keuze moesten aangeven hoe zeker ze zich voelden over hun keuze. In het onderzoek van O'leary en Sloutsky (2017, 2019) werd gebruik gemaakt van globale metacognitieve oordelen waarbij enkel op het einde van de taak naar het globale vertrouwen werd gevraagd.

4.2 Accuraatheid en informatie zoeken

Vervolgens werd nagegaan of kinderen ook kunnen detecteren wanneer hun keuze fout was, en op basis daarvan extra informatie zochten. Accuraatheid op de eerste keuze bleek een significante voorspeller voor het zoeken naar informatie bij die keuze. Dit betekent dat

kinderen na een fout eerder geneigd waren om extra informatie te zoeken en na een juiste keuze eerder geneigd waren om geen extra informatie te zoeken. Kinderen zochten na een fout gemiddeld in 39.07% van de trials naar extra informatie. Bij een juist antwoord deden ze dit in 24.38% van de trials. Dit resultaat was eveneens in lijn met onze verwachting. Dit suggereert dat kinderen deels in staat zijn om hun fouten te detecteren en daarop te reageren met adaptief gedrag, wat beschouwd kan worden als een vorm van zelfregulatie (Selmeczy et al., 2021; 2024). Eerder onderzoek van Selmeczy et al. (2021) toonde ook aan dat kinderen van 8 tot 9 jaar vaker om tips vroegen wanneer ze een fout hadden gemaakt dan wanneer ze een juist antwoord hadden gegeven in een online wetenschapstaak.

Toch viel op dat de kinderen in deze masterproef na fouten nog steeds in 60.93% van de trials geen extra informatie zochten. Onder een optimale cognitieve leerstrategie zouden leerlingen na een fout extra informatie moeten zoeken, aangezien fouten bijzonder waardevol zijn voor het leerproces (Metcalfe, 2017). Het niet herbekijken na een fout zou erop kunnen wijzen dat kinderen hun fouten niet altijd herkenden, of dat hun subjectieve vertrouwen onvoldoende accuraat was om hun gedrag adequaat bij te sturen. Hierdoor missen ze kansen om hun prestatie te verbeteren. Binnen het model van Nelson en Narens (1990) zou dit kunnen wijzen op een onnauwkeurige monitoring, waarbij het metaniveau geen of onnauwkeurige informatie ontvangt van het objectniveau.

Eerder werd in experimenteel onderzoek bij volwassenen aangetoond dat strategisch informatie zoeken de prestaties verhoogt (Desender et al., 2018). De huidige resultaten toonden aan dat een gelijkaardig effect ook bij kinderen kan worden vastgesteld. Onze resultaten toonden aan dat de gemiddelde accuraatheid na herbekijken hoger lag, dan de gemiddelde accuraatheid op de eerste keuze, zelfs hoger dan de gemiddelde accuraatheid op de eerste keuze bij trials waarbij leerlingen niet kozen om te herbekijken. Dit wijst erop dat herbekijken een effectieve strategie is en tot betere keuzes kan leiden.

4.3 Interactie tussen vertrouwen en accuraatheid in informatie zoeken

Vertrouwen en accuraatheid bleken beide onafhankelijke voorspellers van informatiezoekgedrag, maar er werd geen interactie-effect tussen beide variabelen gevonden. Dit impliceert dat vertrouwen en accuraatheid elk afzonderlijk bijdroegen aan de beslissing om extra informatie te zoeken. Het effect van vertrouwen op de eerste keuze en informatie zoeken was vergelijkbaar, ongeacht of het antwoord juist of fout was, en omgekeerd. Dit ondersteunt het idee dat beslissingen en vertrouwen aangestuurd worden door deels verschillende systemen (De Martino et al., 2013; Donner et al., 2009). Terwijl keuzes gebaseerd zijn op de hoeveelheid verzamelde evidentie (Gold & Shadlen, 2007; Ratcliff & McKoon, 2008), wordt vertrouwen berekend via een minder nauwkeurige, ruisgevoelige interpretatie van dit

beslissingsproces. Hierdoor kunnen kinderen soms hoge vertrouwensscores geven, zelfs bij een onjuiste keuze. Bovendien bleek dat vertrouwen in de eerste keuze een veel sterkere voorspeller was van informatie zoeken dan accuraatheid. Deze bevinding suggereert dat kinderen hun beslissing om extra informatie te zoeken vooral baseren op hun subjectieve gevoel van vertrouwen, en dat de objectieve juistheid van hun keuze hier niet altijd mee samenhing. Kinderen lieten zich in hun besluitvorming vooral leiden door hun subjectieve gevoel van zekerheid.

Wanneer gekeken werd naar het gemiddelde vertrouwen en de gemiddelde accuraatheid, werd er op groepsniveau geen significant lineair verband gevonden. Kinderen die gemiddeld beter presteerden, waren dus niet systematisch ook kinderen die gemiddeld hogere vertrouwensscores gaven. De kinderen hadden gemiddeld genomen een hoog vertrouwen over alle trials heen. Toch was er een significant verschil in het gemiddelde vertrouwen tussen foute en juiste trials. Kinderen konden dus wel enig onderscheid maken tussen hun foute en juiste keuzes. Dat het gemiddelde vertrouwen bij foute antwoorden nog steeds hoog was, suggereert enige vorm van metacognitieve bias. Dit betekent dat kinderen structureel een hoger niveau van vertrouwen hadden in hun keuzes (Fleming & Lau, 2014). Bestaande literatuur bevestigt dat kinderen vaker geneigd zijn tot het overschatten van hun prestaties (Destan & Roebers, 2015). Wanneer kinderen hun beslissing om informatie te zoeken baseren op hun (te) hoog vertrouwen, dat minder sterk samenhangt met hun werkelijke accuraatheid, kan het controlegedrag suboptimaal zijn. Dit kan suggereren dat ze niet herbekeken wanneer het nodig was, of net wel wanneer het niet nodig was.

4.4 Metacognitieve efficiëntie en informatie zoeken

Binnen deze masterproef richtten we ons ook op de vraag hoe metacognitie bij kinderen samenhing met de keuze om strategisch extra informatie te zoeken. Zoals eerder besproken, hangt metacognitieve gevoeligheid vaak samen met taakprestatie én metacognitieve bias. Kinderen in deze masterproef leken in zekere mate enig onderscheid te kunnen maken tussen hun eigen correcte en foutieve keuze, was wijst op een zekere mate van metacognitieve gevoeligheid (Fleming & Lau, 2014). Tegelijkertijd moet deze gevoeligheid ook met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden, aangezien ze beïnvloed kan worden door factoren zoals taakmoeilijkheid en over- of onderschatting van de eigen prestaties (bias). Deelnemers kunnen bijvoorbeeld de neiging hebben om grotere metacognitieve gevoeligheid te vertonen bij gemakkelijke dan bij moeilijke taken, en verschillende deelnemers kunnen een taak meer of minder gemakkelijk vinden (Fleur et al., 2021). Metacognitieve efficiëntie is een belangrijke maat om metacognitieve vaardigheden in kaart te brengen en te vergelijken tussen deelnemers. In deze masterproef kozen we voor een aanpak waarbij gebruik werd gemaakt

van modelgebaseerde maten voor metacognitieve efficiëntie, namelijk de M-ratio (Fleming & Lau, 2014) en de V-ratio (Desender et al., 2022).

De M-ratio, ontstaan binnen het kader van SDT, berekent in welke mate de metacognitieve gevoeligheid (meta-d') in verhouding staat tot de prestatiegevoeligheid (d'). In deze studie bleek de gemiddelde M-ratio 0.50, wat significant lager was dan 1 en wees op een suboptimale metacognitieve efficiëntie bij de kinderen in dit onderzoek. Een M-ratio van 1 wijst op perfecte metacognitieve efficiëntie. Het kind benut dan alle beschikbare informatie van de eerste-orde taak (het objectniveau) om het vertrouwen accuraat af te stemmen op de werkelijke prestatie. Een waarde van 0.50 betekent dat slechts 50% van het sensorische bewijs werd gebruikt bij het inschatten van het vertrouwen. De andere helft van het beschikbare bewijs werd dus niet benut in het metacognitieve oordeel. Dit wijst erop dat kinderen hun vertrouwen slechts in beperkte mate accuraat konden aanpassen aan hun prestaties. Ter vergelijking bedroeg de M-ratio in de masterproef van Kazandjian & Keijers (2024) 0.81 bij de ouderen en 0.70 bij jongvolwassenen. De lagere M-ratio in deze studie toont dat de metacognitieve efficiëntie van lagere schoolkinderen lager lag dan die van oudere leeftijdsgroepen. Dit kan het idee ondersteunen dat metacognitieve efficiëntie bij kinderen nog volop in ontwikkeling is.

Op groepsniveau werd geen verband gevonden tussen de gemiddelde M-ratio en het zoeken naar informatie. Kinderen met een hogere M-ratio gingen dus niet meer of minder informatie zoeken, en omgekeerd. Op trialniveau toonden de resultaten wel dat kinderen met een hogere M-ratio meer informatie gingen zoeken na een fout en minder na een juist antwoord. Deze bevinding suggereert dat metacognitieve vaardigheden bijdragen aan strategisch informatie zoeken. Dit sluit aan bij onderzoek van Selmeczy et al. (2024), waaruit bleek dat hulp zoeken een effectieve leermethode was, maar dat het effect afhing van hoe goed kinderen weten wanneer hulp nodig is. Het vermogen om op het juiste moment extra informatie te zoeken of hulp in te roepen, wordt in de literatuur bovendien geassocieerd met hogere academische prestaties (Selmeczy et al., 2021).

De V-ratio in dit onderzoek lag significant lager dan de M-ratio. Dit is in lijn met de bevindingen van Desender et al. (2022) die aantoonden dat V-ratio doorgaans een strengere, dynamische maat is voor metacognitieve efficiëntie. Ook in de masterproef van Kazandjian & Keijers (2024) lag de V-ratio lager dan de M-ratio, namelijk 0.49 bij de ouderen en 0.45 bij de jongvolwassenen. Zoals eerder vermeld geeft de V-ratio aan in welke mate iemand na het nemen van een beslissing nog verder nadenkt over die keuze, en hoe dat extra interne bewijs bijdraagt aan het inschatten van vertrouwen (Desender et al., 2022). De lage metacognitieve efficiëntie bij kinderen zou kunnen wijzen op een beperkte informatiestroom van het

objectniveau naar het metaniveau. De lage V-ratio suggereert dat kinderen maar beperkt in staat waren om intern verder bewijs te verzamelen na hun keuze. Hierdoor wordt het moeilijker om foutieve keuzes te herkennen. Deze bevinding sluit aan bij neurowetenschappelijk onderzoek dat aantoont dat hersengebieden die belangrijk zijn voor monitoring en bijsturing, zoals de ventromediale prefrontale cortex, zich nog volop ontwikkelen tijdens de kindertijd (Fandakova et al., 2017). Verder toonde de V-ratio wel gelijkaardige bevindingen als de M-ratio wat betreft het informatiezoekgedrag. Kinderen met een hogere V-ratio pasten hun informatiezoekgedrag sterker aan op basis van hun accuraatheid. Dit zou kunnen suggereren dat deze kinderen beter in staat waren om na hun beslissing post-decisioneel bewijs te verwerken en op basis daarvan gepast gedrag te stellen (Desender, 2022).

4.5 Metacognitie en onderwijs

Metacognitie is ook een kerncomponent van SRL en wordt vaak gekoppeld aan leerresultaten. De resultaten van ons onderzoek kunnen we ook breder interpreteren binnen het kader van SRL (Zimmerman, 1990). De resultaten toonden dat kinderen hun interne feedback gebruikten om hun gedrag te sturen. Dit proces van reflecteren en bijsturen, kan gezien worden als vorm van zelfregulatie en is belangrijk in onderwijscontexten waar monitoring en controlevaardigheden leerlingen helpen om bijvoorbeeld te bepalen of extra studeren of hulp vragen aan de leerkracht nodig is. Tegelijk toont de waargenomen overmoed en de lage metacognitieve efficiëntie bij kinderen aan dat nauwkeurige monitoring essentieel is voor effectieve zelfregulatie. Wanneer interne inschattingen onjuist zijn, blijven controleacties uit en kan het leerproces stagneren (Fleur et al., 2021).

4.6 Beperkingen en suggesties voor vervolgonderzoek

Het gebruik van modelgebaseerde maten zoals de M-ratio en V-ratio bij het meten van metacognitie kan ook relevant zijn voor toekomstig ontwikkelingsgericht onderzoek naar metacognitieve monitoring en controle. Indien men wil begrijpen hoe deze metacognitieve processen zich ontwikkelen met de leeftijd, is het belangrijk om gebruik te maken van gestandaardiseerde en biasvrije meetmethoden. Eerder onderzoek toont aan dat metacognitieve efficiëntie zich verder ontwikkelt tijdens de lagere schooltijd, piekt in de jongvolwassenheid en daarna weer afneemt (Palmer et al., 2014; Weil et al., 2013). Ook uit hersenonderzoek blijkt dat de ontwikkeling van de ventromediale prefrontale cortex (cruciaal voor foutendetectie en metacognitieve regulatie) zich voortzet tijdens de kindertijd en adolescentie, en afneemt op latere leeftijd (Fandakova et al., 2017). De masterproef van Kazandjian en Keijers (2024) vond echter geen significant effect van veroudering op metacognitieve efficiëntie, wat onderstreept dat de ontwikkeling van deze vaardigheden complex is. Toekomstige longitudinale studies zijn dan ook aangewezen om beter te begrijpen

hoe metacognitieve efficiëntie zich ontwikkelt over de levensloop, en welke factoren deze ontwikkeling bevorderen of belemmeren.

Daarnaast toonden de resultaten van deze studie aan dat zowel accuraatheid als beslissingsvertrouwen significante voorspellers waren van informatiezoekgedrag, waarbij beslissingsvertrouwen een sterkere voorspellende waarde had dan accuraatheid. Er werd geen interactie-effect gevonden tussen beide variabelen, wat suggereert dat beslissingsvertrouwen een onafhankelijke rol speelt in strategisch informatie zoeken. In deze masterproef werd het vertrouwen niet experimenteel gemanipuleerd. Hierdoor kunnen op basis van deze resultaten geen causale uitspraken worden gedaan. Toekomstig onderzoek kan dit verder onderzoeken met een experimenteel design waarin beslissingsvertrouwen actief wordt gemanipuleerd, bijvoorbeeld door middel van taakmoeilijkheid of valse feedback (Van Marcke et al., 2024). Een dergelijke opzet laat toe om de causale impact van vertrouwen op informatiezoekgedrag rechtstreeks te toetsen.

De gebruikte perceptuele taak, waarbij kinderen moesten inschatten welk vakje meer stippen bevatte, deed een beroep op ruimtelijke representatievaardigheden. Binnen dit onderzoek werd echter geen controle ingebouwd voor individuele verschillen in ruimtelijk inzicht of wiskundige vaardigheden. Kinderen met een zwakker ruimtelijk inzicht zouden mogelijk minder accuraat zijn in het beoordelen van de stimuli, wat niet alleen hun taakprestatie maar ook hun vertrouwen in eigen keuzes kan beïnvloeden. Het is dus mogelijk dat variaties in vertrouwen en informatiezoekgedrag deels worden verklaard door onderliggende verschillen in ruimtelijke vaardigheden. Toekomstig onderzoek zou deze invloed kunnen verduidelijken door ruimtelijke vaardigheden apart te meten en te controleren in de analyses, zodat de rol van metacognitie zuiverder kan worden onderzocht.

Een bijkomende beperking van deze studie is dat er geen rekening werd gehouden met de motivatie en het doorzettingsvermogen van de kinderen tijdens het uitvoeren van de taak. Motivatie kan een beïnvloedende factor zijn geweest bij de waargenomen metacognitieve efficiëntie. Hoewel er binnen deze masterproef werd geprobeerd om de motivatie te stimuleren via een beloningssysteem met munten en dit bij veel kinderen motiverend werkte werd motivatie zelf niet gemeten. Er werd echter geen specifieke beloning toegekend aan het correct inschatten van de eigen prestatie, waardoor de motivatie om accuraat te monitoren mogelijk beperkt bleef. Daarmee samenhangend werd ook de aandacht of concentratie van de deelnemers niet gecontroleerd. De taak was eenvoudig maar repetitief, en ondanks dat het aantal blokken reeds werd verminderd ten opzichte van eerdere studies bij volwassenen, duurde het experiment bij kinderen nog steeds 50 tot 60 minuten zonder echte pauzes. Voor lagere schoolkinderen is dit een relatief lange tijd om geconcentreerd te blijven. Sommige

leerlingen moesten tegen het einde van de taak aangemoedigd worden om geconcentreerd verder te werken. Factoren zoals motivatie en aandacht kunnen een invloed gehad hebben op de metacognitieve prestaties van de kinderen en zo de resultaten deels hebben beïnvloed.

Conclusie

Dit onderzoek toonde aan dat kinderen in staat zijn om hun beslissingen te monitoren en daar via metacognitieve controle op te reageren. Kinderen zoeken vaker extra informatie wanneer zij minder vertrouwen hebben in hun keuze of wanneer die keuze fout blijkt te zijn. Beslissingsvertrouwen bleek een sterkere voorspeller van informatiezoekgedrag dan de objectieve accuraatheid van de keuze. Hoewel kinderen hun prestaties al deels kunnen inschatten, wijzen de resultaten ook op een algemene tendens tot overmoed en een suboptimale metacognitieve efficiëntie. Kinderen met een hogere metacognitieve efficiëntie pasten hun informatiezoekgedrag beter aan naar de juistheid van hun keuzes. Deze bevindingen onderstrepen het belang van metacognitieve monitoring en controle in besluitvorming. Dit onderzoek draagt bij aan het begrijpen van de ontwikkeling van metacognitieve besluitvorming en wijst op het belang van het gebruik van verfijnde metingen in toekomstig onderzoeknaar de ontwikkeling van metacognitieve vaardigheden.

Referentielijst

Baird, B., Mrazek, M. D., Phillips, D. T., & Schooler, J. W. (2014). Domain-Specific Enhancement of Metacognitive Ability Following Meditation Training. *Journal of Experimental Psychology: General*, *143*(5), 1972–1979. https://doi.org/10.1037/a0036882

Bellon, E. (2020). *Metacognition counts too. The role of metacognition in arithmetic development: Evidence from behaviour and brain* [Doctoral dissertation, KU Leuven]. Lirias. https://kuleuven.limo.libis.be/discovery/fulldisplay?docid=lirias3041080&context=SearchWebhook&vid=32KUL_KUL:Lirias&lang=en&search_scope=lirias_profile&adaptor=SearchWebhook&tab=LIRIAS&query=any,contains,LIRIAS3041080&offset=0

Bellon, E., Fias, W., Ansari, D., & De Smedt, B. (2020). The neural basis of metacognitive monitoring during arithmetic in the developing brain. Human Brain Mapping, *41*(16), 4562–4573. https://doi.org/10.1002/hbm.25142

Bogacz, R., Wagenmakers, E.-J., Forstmann, B. U., & Nieuwenhuis, S. (2010). The neural basis of the speed–accuracy tradeoff. *Trends in Neurosciences, 33*(1), 10–16. https://doi.org/10.1016/j.tins.2009.09.002

Caplin, A., & Martin, D. (2016). The dual-process drift diffusion model: Evidence from response times. *Economic Inquiry, 54*(2), 1274–1282. https://doi.org/10.1111/ecin.12294

Chua, E. F., Pergolizzi, D., & Weintraub, R. R. (2014). The cognitive neuroscience of metamemory monitoring: Understanding metamemory processes, subjective levels expressed, and metacognitive accuracy. In S. M. Fleming & C. D. Frith (Eds.), *The cognitive neuroscience of metacognition* (pp. 267–291). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-45190-4_12

Coughlin, C., Hembacher, E., Lyons, K. E., & Ghetti, S. (2015). Introspection on uncertainty and judicious help-seeking during the preschool years. *Developmental Science*, *18*(6), 957–971. https://doi.org/10.1111/desc.12271

De Martino, B., Fleming, S. M., Garrett, N., & Dolan, R. J. (2013). Confidence in value-based choice. *Nature Neuroscience*, *16*(1), 105–110. https://doi.org/10.1038/nn.3279

Desender, K., Boldt, A., & Yeung, N. (2018). Subjective confidence predicts information seeking in decision making. *Psychological Science*, *29*(5), 761–778. https://doi.org/10.1177/0956797617744771

Desender, K., Vermeylen, L., & Verguts, T. (2022). Dynamic influences on static measures of metacognition. *Nature Communications*, *13*(1), 4208–4212. https://doi.org/10.1038/s41467-022-31727-0

Destan, N., & Roebers, C. M. (2015). What are the metacognitive costs of young children's overconfidence? *Metacognition and Learning*, *10*(3), 347–374. https://doi.org/10.1007/s11409-014-9133-z

Destan, N., Hembacher, E., Ghetti, S., & Roebers, C. M. (2014). Early metacognitive abilities: The interplay of monitoring and control processes in 5- to 7-year-old children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *126*, 213–228. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.04.001

Donner, T. H., Siegel, M., Fries, P., & Engel, A. K. (2009). Buildup of Choice-Predictive Activity in Human Motor Cortex during Perceptual Decision Making. *Current Biology*, *19*(18), 1581–1585. https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.07.066

Eisenfuhr, F. (2011). Decision making. New York, NY: Springer.

Fandakova, Y., Selmeczy, D., Leckey, S., Grimm, K. J., Wendelken, C., Bunge, S. A., & Ghetti, S. (2017). Changes in ventromedial prefrontal and insular cortex support the development of metamemory from childhood into adolescence. *Proceedings of the*

National Academy of Sciences - PNAS, *114*(29), 7582–7587. https://doi.org/10.1073/pnas.1703079114

Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *The American Psychologist*, *34*(10), 906–911. https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906

Flavell, J. H. (1999). COGNITIVE DEVELOPMENT: Children's Knowledge About the Mind. *Annual Review of Psychology*, *50*(1), 21–45. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.50.1.21

Fleming, S. M., & Lau, H. C. (2014). How to measure metacognition. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*, 443. https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00443

Fleur, D.S., Bredeweg, B. & van den Bos, W. (2021). Metacognition: ideas and insights from neuro- and educational sciences. *NPJ Science of Learning, 6*(1), Article 13. https://doi.org/10.1038/s41539-021-00089-5

Godfrey, M., Casnar, C., Stolz, E., Ailion, A., Moore, T., & Gioia, G. (2023). A review of procedural and declarative metamemory development across childhood. *Child Neuropsychology*, *29*(2), 183–212. https://doi.org/10.1080/09297049.2022.2055751

Gold, J. I., & Shadlen, M. N. (2007). The Neural Basis of Decision Making. *Annual Review of Neuroscience*, *30*(1), 535–574. https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.29.051605.113038

Green, D. M., & Swets, J. A. (1966). Signal detection theory and psychophysics. *New York, NY: Wiley*

Hembacher, E., & Ghetti, S. (2014). Don't look at my answer: Subjective uncertainty underlies preschoolers' exclusion of their least accurate memories. *Psychological Science*, *25*(9), 1768–1776. https://doi.org/10.1177/0956797614542273

Hernández-Navarro, L., Hermoso-Mendizabal, A., Duque, D., de la Rocha, J., & Hyafil, A. (2021). Proactive and reactive accumulation-to-bound processes compete during perceptual decisions. *Nature Communications, 12*, Article 7148. https://doi.org/10.1038/s41467-021-27302-8

Kazandjian, N., & Keijers, A.(2024). *De invloed van veroudering op het evalueren van onze beslissingen* (Masterproef, KU Leuven, Faculteit Psychologie en Pedagogische Wetenschappen). KU Leuven. https://repository.teneo.libis.be/delivery/DeliveryManagerServlet?dps_pid=IE19276815

Kelly, Christopher. A., & Sharot, T. (2021). Individual differences in information-seeking. *Nature Communications*, *12*(1), Article 7062. https://doi.org/10.1038/s41467-021-27046-5

Krebs, S. S., & Roebers, C. M. (2010). Children's strategic regulation, metacognitive monitoring, and control processes during test taking. *British Journal of Educational Psychology*, *80*(3), 325–340. https://doi.org/10.1348/000709910X485719

Lipko, A. R., Dunlosky, J., & Merriman, W. E. (2009). Persistent overconfidence despite practice: The role of task experience in preschoolers' recall predictions. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*(2), 152–166. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2008.10.002

Lyons, K. E., & Ghetti, S. (2010). Metacognitive development in early childhood: New questions about old assumptions. In P. Misailidi & A. Efklides (Eds.), *Trends and prospects in metacognition research* (pp. 259–278). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6546-2_12

Lyons, K. E., & Ghetti, S. (2013). I Don't Want to Pick! Introspection on Uncertainty Supports Early Strategic Behavior. *Child Development*, *84*(2), 726–736. https://doi.org/10.1111/cdev.12004

Maniscalco, B., & Lau, H. (2012). A signal detection theoretic approach for estimating metacognitive sensitivity from confidence ratings. *Consciousness and Cognition*, *21*(1), 422–430. https://doi.org/10.1016/j.concog.2011.09.021

Mazancieux, A., Fleming, S. M., Souchay, C., & Moulin, C. J. A. (2020). Is there a G factor for metacognition? Correlations in retrospective metacognitive sensitivity across tasks. *Journal of Experimental Psychology: General, 149*(9), 1788–1799. https://doi.org/10.1037/xge0000746

McCurdy, L. Y., Maniscalco, B., Metcalfe, J., Liu, K. Y., de Lange, F. P., & Lau, H. (2013). Anatomical Coupling between Distinct Metacognitive Systems for Memory and Visual Perception. *The Journal of Neuroscience*, *33*(5), 1897–1906. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1890-12.2013

Metcalfe, J. (2017). Learning from errors. *Annual Review of Psychology, 68*(1), 465–489. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010416-044022

Nelson, L. J., & Fyfe, E. R. (2019). Metacognitive monitoring and help-seeking decisions on mathematical equivalence problems. *Metacognition and Learning*, *14*(2), 167–187. https://doi.org/10.1007/s11409-019-09203-w

Nelson, T. O., & Narens, L. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 26, pp. 125–173). Academic Press. https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60053-5

O'Leary, A. P., & Sloutsky, V. M. (2017). Carving metacognition at its joints: Protracted development of component processes. *Child Development, 88*(3), 1015–1032. https://doi.org/10.1111/cdev.12644

O'Leary, A. P., & Sloutsky, V. M. (2019). Components of metacognition can function independently across development. *Developmental Psychology, 55*(2), 315–328. https://doi.org/10.1037/dev0000645

Overhoff, H., Ko, Y. H., Feuerriegel, D., Fink, G. R., Stahl, J., Weiss, P. H., Bode, S., & Niessen, E. (2021). Neural correlates of metacognition across the adult lifespan. *Neurobiology of Aging*, *108*, 34–46. https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2021.08.001

Palmer, E. C., David, A. S., & Fleming, S. M. (2014). Effects of age on metacognitive efficiency. *Consciousness and Cognition*, *28*(1), 151–160. https://doi.org/10.1016/j.concog.2014.06.007

Peirce, J., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., Kastman, E., & Lindeløv, J. K. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, *51*(1), 195–203. https://doi.org/10.3758/s13428-018-01193-y

Pleskac, T. J., & Busemeyer, J. R. (2010). Two-stage dynamic signal detection: A theory of choice, decision time, and confidence. *Psychological Review*, *117*(3). 864–901.https://doi.org/10.1037/a0019737

Rahnev, D. A., Maniscalco, B., Luber, B., Lau, H., & Lisanby, S. H. (2012). Direct injection of noise to the visual cortex decreases accuracy but increases decision confidence. *Journal of Neurophysiology*, *107*(6), 1556–1563. https://doi.org/10.1152/jn.00985.2011

Ratcliff, R., & McKoon, G. (2008). The diffusion decision model: Theory and data for two-choice decision tasks. *Neural Computation, 20*(4), 873–922. https://doi.org/10.1162/neco.2008.12-06-420

Rhodes, M. G. (2019). Metacognition. *Teaching of Psychology*, *46*(2), 168-175. https://doi.org/10.1177/0098628319834381

Rinne, L. F., & Mazzocco, M. M. M. (2014). Knowing right from wrong in mental arithmetic judgments: Calibration of confidence predicts the development of accuracy. *PLOS ONE, 9*(7), e98663. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098663

Roebers, C. M. (2017). Executive function and metacognition: towards a unifying framework of cognitive self-regulation. *Developmental Review, 45*, 31–51. https://doi.org/10.1016/j.dr.2017.04.001

Roebers, C. M., & Spiess, M. (2017). The Development of Metacognitive Monitoring and Control in Second Graders: A Short-Term Longitudinal Study. *Journal of Cognition and Development*, *18*(1), 110–128. https://doi.org/10.1080/15248372.2016.1157079

Roebers, C. M., Krebs, S. S., & Roderer, T. (2014). Metacognitive monitoring and control in elementary school children: Their interrelations and their role for test performance. *Learning and Individual Differences*, *29*, 141–149. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.12.003

Rouault, M., McWilliams, A., Allen, M. G., & Fleming, S. M. (2018). Human metacognition across domains: Insights from individual differences and neuroimaging. *Personality Neuroscience, 1*, e17. https://doi.org/10.1017/pen.2018.16

Rouault, M., Seow, T., Gillan, C. M., & Fleming, S. M. (2018). Psychiatric symptom dimensions are associated with dissociable shifts in metacognition but not task performance. *Biological Psychiatry, 84*(6), 443–451. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2017.12.017

Schenke, K., Lam, A. C., Conley, A. M., & Karabenick, S. A. (2015). Adolescents' help seeking in mathematics classrooms: Relations between achievement and perceived classroom environmental influences over one school year. *Contemporary Educational Psychology*, *41*, 133–146. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2015.01.003

Schneider, W. (2008). The Development of Metacognitive Knowledge in Children and Adolescents: Major Trends and Implications for Education. *Mind, Brain and Education*, *2*(3), 114–121. https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2008.00041.x

Schneider, W. (2010). The development of metacognitive competences. In B. Glatzeder, V. Goel, & A. Müller (Eds.), *Towards a theory of thinking* (pp. 203–214). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-03129-8_14

Schneider, W. (2015). *Metacognitive development: Educational implications* (2e ed.). In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (Vol. 15, pp. 282–288). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.92011-7

Schneider, W., & Löffler, E. (2016). The development of metacognitive knowledge in children and adolescents. In J. Dunlosky & S. K. Tauber (Eds.), *The Oxford handbook of metamemory* (pp. 491–518). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199336746.013.10

Schneider, W., Tibken, C., & Richter, T. (2022). The development of metacognitive knowledge from childhood to young adulthood: Major trends and educational implications. In *Advances in Child Development and Behavior* (Vol. 63, pp. 273–307). Elsevier. https://doi.org/10.1016/bs.acdb.2022.04.006

Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education, 36*(1), 111–139. https://doi.org/10.1007/s11165-005-3917-8

Selmeczy, D., Ghetti, S., Zheng, L. R., Porter, T., & Trzesniewski, K. (2021). Help me understand: Adaptive information-seeking predicts academic achievement in school-aged children. *Cognitive Development, 59*, Article 101062. https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101062

Selmeczy, D., Kazemi, A., & Ghetti, S. (2024). Seeking versus receiving help: How children integrate suggestions in memory decisions. *Child Development*, *95*(2), 515–529. https://doi.org/10.1111/cdev.14009

van den Berg, R., Anandalingam, K., Zylberberg, A., Kiani, R., Shadlen, M. N., & Wolpert, D. M. (2016). A common mechanism underlies changes of mind about decisions and confidence. *eLife, 5*, e12192. https://doi.org/10.7554/eLife.12192

van Loon, M., Orth, U., & Roebers, C. (2024). The structure of metacognition in middle childhood: Evidence for a unitary metacognition-for-memory factor. *Journal of Experimental Child Psychology*, *241*, Article 105857. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2023.105857

Van Marcke, H., Denmat, P. L., Verguts, T., & Desender, K. (2024). Manipulating Prior Beliefs Causally Induces Under- and Overconfidence. *Psychological Science*, *35*(4), 358–375. https://doi.org/10.1177/09567976241231572

Van Zandt, T., & Maldonado-Molina, M. M. (2004). Response reversals in recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 30*(6), 1147–1166. https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.6.1147

Weil, L. G., Fleming, S. M., Dumontheil, I., Kilford, E. J., Weil, R. S., Rees, G., Dolan, R. J., & Blakemore, S.-J. (2013). The development of metacognitive ability in adolescence. *Consciousness and Cognition*, *22*(1), 264–271. https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.01.004

Yeung, N., & Summerfield, C. (2012). Metacognition in human decision-making: Confidence and error monitoring. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 367*(1594), 1310–1321. https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0416

Zimmerman, B. J. (1990). Self-Regulated Learning and Academic Achievement: An Overview. *Educational Psychologist*, *25*(1), 3–17. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2501_2