

Probability matching:

een rationele keuze?

Scriptie voor Cognitieve Kunstmatige Intelligentie

Geschreven door Frank Bijlsma

24 juni 2010

Begeleid door Harald Kunst

Inleiding

De vraag in hoeverre mensen rationeel zijn is een belangrijke. Hoe beter we weten waar we de fout in kunnen gaan hoe beter we maatregelen kunnen treffen om dat te voorkomen. Bovendien wordt binnen de AI menselijke intelligentie vaak gebruikt als iets waar intelligente software agenten naar toe zouden moeten streven. Hoe meer we te weten komen over hoe mensen beslissingen kunnen maken hoe beter we worden in het modelleren van menselijk gedrag. En vaak vertelt wat er mis gaat meer over hoe een systeem in elkaar zit dan wat er goed gaat.

Het hele veld van human decision making, en in hoeverre dat al dan niet rationeel is, is te breed voor een scriptie. Ik heb me dus toegelegd om één voorbeeld binnen dit spectrum uit te werken en te kijken in hoeverre dit Gigerenzer dan wel Kahneman & Tversky ondersteunt. Dit is probability matching, een fenomeen dat optreedt wanneer je mensen vraagt, gegeven twee verschillende mogelijkheden met ieder een bepaalde kans, meermaals te voorspellen welke van de twee zal verschijnen. Hoe vaak mensen iets voorspellen loopt ongeveer gelijk met hoe vaak die mogelijkheid voorkomt. Dit is niet de optimale strategie om het aantal goede gokken te maximaliseren, dat is altijd gaan voor datgene dat het meest voorkomt. Er zijn echter onderzoekers die van mening zijn dat probability matching een artefact is van een intelligente strategie.

Gigerenzer en Kahneman & Tversky hebben hun eigen visie op human decision making. Ze verschillen vooral op één cruciaal punt van mening, de mate waarin menselijke beslissingen rationeel zijn. Kahneman & Tversky zijn van mening dat mensen door het gebruik van bepaalde heuristieken en vooroordelen stelselmatig fouten maken die het nemen van goede beslissingen in de weg staan. Gigerenzer is van mening dat de heuristieken die mensen gebruiken bedoeld zijn om met beperkte middelen zo goed mogelijke beslissingen te maken en ook als rationeel te zien zijn. In deze scriptie zal ik kijken naar het fenomeen van probability matching en hoe dat in het theorieën van Gigerenzer danwel Kahneman & Tversky past.

In deze scriptie zal ik eerst kort de geschiedenis van hoe mensen over menselijke rationaliteit dachten beschrijven en daarna uiteenzetten wat de gedachten van Gigerenzer en Kahneman & Tversky zijn. Hierna zal ik probability matching in meer detail beschrijven en kijken naar een aantal probability matching experimenten die gedaan zijn. Aan de hand daarvan zal ik mijn conclusies trekken over de rationaliteit van probability matching en hoe het binnen de theorieën van Gigerenzer en Kahneman & Tversky past.

Rationaliteit

Het beeld van menselijke rationaliteit is door de jaren heen veranderd. Tijdens de verlichting ging men er van uit dat de regels die bepalen hoe mensen beslissingen de regels van de logica en de kansrekening zijn. (Chase, Hertwig, & Gigerenzer, 1998) Een goed voorbeeld daarvan is de uitspraak van de Fransman Pierre Laplace "De theorie van de waarschijnlijkheid is niets meer dan goed verstand gereduceerd tot een calculus". Men geloofde zo sterk in dit idee van de rationele mens dat wanneer menselijke intuïtie af bleek te wijken van de regels van de kansrekening/logica die regels zelf aangepast werden. (Chase, Hertwig, & Gigerenzer, 1998) De mens werd dus als perfect rationeel gezien.

De eerste theorieën over hoe mensen beslissingen maken binnen de psychologie werden door psychologen overgenomen uit theorieën die gebaseerd op modellen van economen en statistici. Deze modellen gingen ervan uit dat mensen volledig op de hoogte waren van al hun mogelijkheden, volledig al de subtiliteiten tussen de verschillende mogelijkheden konden waarderen en dat ze volkomen rationeel beslissingen maakten. (Polič, 2009) Het kwam al vrij snel aan het licht dat dit soort modellen niet goed de manier waarop mensen beslissingen namen modelleerden. De reactie hierop was Subjective Expected Utility (SEU). Bij SEU gaat men ervan uit dat mensen op zoek zijn naar genoegen (positive utility) en pijn (negative utility) proberen te vermijden. Mensen combineren de subjectieve utility van een gebeurtenis met de subjectieve waarschijnlijkheid (hoe waarschijnlijk zij denken dat een gebeurtenis is). Mensen kijken naar hoe waarschijnlijk de positive utility is en hoe waarschijnlijk de negative utility is. Uiteindelijk hierop baseren ze hierop hun beslissing. Volgens SEU proberen mensen dus een rationele beslissing te maken door zorgvuldig alle mogelijkheden en hun (subjectieve) voor- en nadelen en hun subjectieve waarschijnlijkheden af te wegen. Hoewel SEU rekening houdt met subjectiviteit is menselijk beslissing nemen gecompliceerder dan dit. Mensen zijn niet zoals computers die zorgvuldig alle uitkomsten en waarschijnlijkheden van alle mogelijkheden afwegen voordat ze hun beslissing maken. (Polič, 2009)

In de jaren 50 van de vorige eeuw werd "unbounded rationality" niet langer aangehangen door verschillende psychologen, o.a. door Herbert Simon die met het concept van de "bounded rationality" kwam. Hij geloofde dat de wereld te complex is voor mensen om in zijn geheel te bevatten, dus vormen we zelf een versimpelde versie en gebruiken we die om beslissingen te nemen, we gebruiken heuristieken als een soort "mental short cuts". (Polič, 2009) Volgens Simon kijken we één voor één naar onze mogelijkheden en kiezen we degene die aan onze minimale eisen voldoet. (Polič, 2009)

Kahneman & Tversky hebben een andere visie. Samen ontwikkelde zij de "prospect theory", waar Kahneman in 2002 de Nobelprijs voor de Economie voor won; Tversky overleed in 1996 en de Nobelprijs wordt alleen uitgereikt aan mensen die nog leven. Prospect theory kan gezien worden als de psychologische variant van SEU. Net zoals in SEU wordt het probleem versimpeld en wordt voor elke mogelijke uitkomst bekeken wat zijn voor en nadelen zijn. Dit wordt gedaan relatief aan een bepaald referentie punt. Wat dit referentie punt precies is wordt o.a. beïnvloedt door hoe het probleem wordt beschreven, dit wordt framing genoemd. (Polič, 2009) Volgens prospect theory zijn de functies die bepalen hoeveel waarde we aan winst hechten anders dan die bepalen hoeveel we aan verlies hechten. Wanneer je mensen bijvoorbeeld een aanbod doet om mee te doen aan een weddenschap waarbij ze 50% kans hebben op winnen en 50% kans op verliezen, wordt deze over het algemeen pas aangenomen wanneer de prijs voor het winnen 2x zo hoog is als de kosten van het

verliezen. De “value”functie is een concave voor winst, waardoor we risico vermijden. Voor verlies is de functie een convex, bij verlies zoeken we dus juist het risico op. (Kahneman, 2003)

Het idee van de perfect rationele mens wordt tegenwoordig niet meer aangenomen, maar het wordt door sommigen nog steeds als een norm gebruikt om mensen tegen te testen. Het idee dat de menselijke beslissingen gedreven worden door dan wel getoetst dienen te worden aan deze norm staat de laatste jaren onder vuur van psychologen zoals Gigerenzer. Deze school gaat uit van het idee dat mensen voor het nemen van beslissingen gebruik maken van “quick and dirty heuristics”. (Chase, Hertwig, & Gigerenzer, 1998) Dit houdt in dat mensen gebruik maken van simpele heuristieken die ze in staat stellen om binnen beperkte tijd, met beperkte computationele capaciteit en beperkte informatie beslissingen te maken. Zij definiëren rationele beslissingen dus ook niet als beslissingen die in overeenstemming staan met de wetten van de kansrekening etc., maar als beslissingen die met beperkte middelen meestal de goede oplossing geven. (Chase, Hertwig, & Gigerenzer, 1998) Een voorbeeld van een dergelijke heuristiek is: “Take the Best”. Bij deze heuristiek wordt stapsgewijs naar de eigenschappen van twee verschillende dingen gekeken, beginnend bij de belangrijkste. Zodra er een eigenschap is waarbij er een verschil optreedt wordt er gekozen voor het object met de beste eigenschap. Het enige wat bij Take the Best geleerd dient te worden is in welke volgorde naar de eigenschappen gekeken moet worden. Ondanks het feit dat dit algoritme zo simpel is doet het het vaak even goed als/beter dan andere algoritmen. (Chase, Hertwig, & Gigerenzer, 1998)

Niet onverwacht heeft Gigerenzer kritiek op de theorie van Kahneman & Tversky. Zijn kritiek valt onder te verdelen in verschillende niveaus. (Vranas, 2000) De eerste is het empirische niveau, volgens Gigerenzer zijn de effecten van sommige structurele fouten die mensen maken aanzienlijk te verminderen door de vraag anders te stellen. Op het methodologische niveau heeft hij kritiek op het feit dat Kahneman & Tversky vaak vaag zijn in hun beschrijvingen van heuristieken. Hierdoor bieden deze heuristieken weinig inzicht. Gigerenzer is van mening dat onderzoek zich meer zou moeten richten op het beschrijven van de cognitieve processen die aan de beslissing te gronde liggen. (Vranas, 2000)

Op het normatieve niveau heeft hij als kritiek dat sommige fouten die we volgens Kahneman & Tversky maken in zijn ogen geen fouten zijn. Aan de basis van die kritiek ligt er meer dan één manier is om statistiek te bedrijven en dat die niet altijd met elkaar in overeenstemming zijn. Hij heeft ook kritiek op feit dat er bijna geen ruimte is voor inhoud en context wanneer er naar een probleem gekeken wordt. Het zou bijvoorbeeld kunnen zijn dat mensen op basis van de inhoud conclusies trekken waardoor een aantal mogelijkheden niet meer als relevant beschouwd worden, terwijl daar bij de achterliggende kansrekening geen rekening mee wordt gehouden. (Chase, Hertwig, & Gigerenzer, 1998) (Vranas, 2000)

Probability Matching

Probability Matching, ook wel frequency matching genoemd, is een fenomeen dat optreedt bij “probability learning experiments”. Het is een fenomeen dat als sinds de jaren 60 bekend is. (Norman & Yellot, 1966) Maar pas vrij recent zijn mensen zich af gaan vragen of er niet probability matches wel echt irrationeel is. (Koehler & James, 2009) (Gaissmaier & Schooler, 2008) (Wolford, Newman, Miller, & Wig, 2004)

Een voorbeeld van een dergelijk experiment: de proefpersoon zit voor twee lampen. Een rode en een

groene, hij of zij krijgt als taak te voorspellen welke van de twee lampen zo aangaat; dit wordt meermaals herhaald. Wat de proefpersoon niet weet is dat het willekeurig is welke lamp aangaat en dat er van te voren door degene die het experiment afneemt is ingesteld hoe vaak elke lamp knippert, bijvoorbeeld groen (70%) en rood (30%). Het duurt vaak niet lang voordat mensen door hebben dat een van de twee lampen vaker knippert dan de ander, in dit geval dus de groene. Als reactie hierop zullen ze dan ook vaker voor de groene kiezen. Uiteindelijk wisselen ze heen en weer tussen de twee mogelijkheden en kiezen ze vaak ongeveer 70% van de tijd voor groen en 30% van de tijd voor rood. (West & Stanovich, 2003) (Norman & Yellot, 1966) Wanneer ik later in deze scriptie verwijs naar een probability matching experiment bedoel ik een experiment van deze aard.

In het geval van de lampen is probability matching niet de optimale manier om zo vaak mogelijk goed te gokken. Probability matching zorgt voor maar in 58% goede antwoorden ($.7^2 + .3^2 = .58$), in dit geval zou de optimale strategie zijn om altijd voor groen te kiezen, aangezien je dan in 70% van de gevallen goed zit. Deze optimale strategie wordt ook wel maximaliseren genoemd. Een ander voorbeeld is een dobbelsteen met vier rode en twee groene zijden, net zoals bij de lampen is de optimale strategie om altijd voor rood te kiezen, maar mensen doen dit niet. In plaats daarvan kiezen ze 2/3 van de keren voor rood en 1/3 voor groen. (Gal & Baron, 2002)

McCrea en Hirt vonden een voorbeeld in de "echte wereld" waar mensen probability matching gebruiken. Bij het gokken op sportwedstrijden gebruiken voorspellen mensen in patronen die gelijk zijn aan probability matching. McCrea en Hirt denken dat dit komt doordat mensen slecht zijn in het schatten hoe willekeurig de uitkomsten van de wedstrijden zijn. (McCrea & Hirt, 2009)

Er zijn ook in taken in vergelijkbare omstandigheden waarbij men niet probability matched. Wanneer proefpersonen een medische diagnoses moesten geven bij fictieve patiënten, gebaseerd op verschillende symptomen, kwam probability matching niet voor, maar kozen proefpersonen consequent voor de variant met de hoogste waarschijnlijkheid. (White & Koehler, 2007)

Onderzoek naar probability matchen kan worden onderverdeeld in twee soorten. Bij de één soort wordt gekeken naar welke strategie mensen gebruiken wanneer je deel laat nemen in een experiment. Bij de ander wordt mensen een voorbeeld gegeven en gevraagd welke strategie hun optimaal lijkt. Wanneer mensen wordt gevraagd om strategieën te vergelijken is het percentage mensen dat voor maximaliseren als strategie kiest veel groter. (Koehler & James, 2009) Dit zou kunnen komen doordat men de "ware aard" van het experiment niet helemaal door heeft wanneer men er zelf deel van uitmaakt en strategie moet verzinnen. Een andere mogelijkheid is dat mensen zelf de maximaliseren strategie niet bedenken en dus voor een andere gaan.

Er is nog geen algemeen geaccepteerde uitleg waarom mensen niet voor de optimale oplossing gaan. Een voorgelegde theorie is dat mensen niet voor lange termijn winst gaan, omdat ze meer waarde hechten aan het goed voorspellen van iets onwaarschijnlijk dan het op de lange termijn maximaliseren van hun goede antwoorden. (Gal & Baron, 2002) Het zou ook zo kunnen zijn dat mensen niet doorhebben dat de volgorde waarin de stimuli komen niet willekeurig is en dat men op zoek is naar een patroon. Of dat men niet goed door heeft dat wat het resultaat van de vorige stimulus geen effect heeft op het resultaat van de volgende. Men denkt bijvoorbeeld dat na drie keer groen de kans op rood groter is, dit is natuurlijk niet zo. (Gal & Baron, 2002) (Gaissmaier & Schooler, 2008)

Om te weten te komen of probability matching al dan niet een rationele basis heeft moet eerst bepaald worden waar het door veroorzaakt wordt. Zoals eerder gezegd is een van de theorieën dat mensen niet in staat zijn te herkennen dat de input die ze krijgen willekeurig is en niet onderhevig aan een patroon, terwijl ze daar wel naar op zoek zijn. Ze zijn zich dan niet bewust van het feit dat de data willekeurig is, of ze geloven het niet. (Gaissmaier & Schooler, 2008) (Gal & Baron, 2002) Een andere mogelijkheid is dat mensen niet beseffen dat probability matching geen optimale strategie is. Dit zou veroorzaakt kunnen worden doordat men na het bedenken van één strategie niet verder denkt, of dat men bij het verder denken niet op de optimale strategie van maximaliseren komt. (Koehler & James, 2009) Een andere mogelijkheid zou natuurlijk zijn dat mensen zich niet realiseren dat maximaliseren een hogere winst oplevert dan probability matches.

Een andere relevante vraag is in hoeverre cognitieve capaciteit van invloed is op of iemand aan probability matching doet of niet. Als mensen met een hogere cognitieve capaciteit minder vaak aan probability matches doen dan ondersteunt dat de hypothese dat probability matches niet een rationele keuze is. (West & Stanovich, 2003) Immers, als een strategie intelligent is kan men verwachten dat hij gebruikt wordt door intelligente mensen.

Er is ook onderzoek gedaan of probability matches voorkomt bij andere zoogdieren en daaruit bleek dat hoe intelligenter de soort hoe langer men probability matcht voordat men maximaliseert. Ratten en duiven probability matches bijvoorbeeld helemaal niet en Chimpansees probability matches een tijdje, om uiteindelijk over te stappen op maximaliseren. (Unturbe & Corominas, 2007) Als men maar lang genoeg doorgaat stappen de meeste mensen uiteindelijk ook van probability matches over op maximaliseren. (Vulkan, 2000)

Zoeken naar patronen

Verschillende onderzoekers geven als verklaring voor probability matching dat het komt doordat mensen altijd op zoek zijn naar patronen of regels, ook in data waar geen patroon inzit en dat geen regels volgt. Bij probability matching experimenten zijn ze niet in staat om te herkennen dat de data willekeurig is en dus geen patroon bezit of regels volgt. Zolang mensen niet geloven dan wel niet weten dat er geen patroon is blijven ze zoeken naar regelmatigigheden. (Gaissmaier & Schooler, 2008) (Wolford, Newman, Miller, & Wig, 2004) (Unturbe & Corominas, 2007) Dit zorgt er uiteindelijk voor dat ze gaan probability matches. Dit is zo omdat elk realistisch patroon mensen denken te zien percentages van beide mogelijkheden moet hebben gelijk aan die van het experiment. Mensen probability matches dus omdat ze een patroon volgen. Dit is anders dan wat de standaard interpretatie in het verleden was, namelijk dat mensen de waarschijnlijkheid van beide mogelijkheden “leren” en daarna besluiten hun keuzes daarop aan te passen. (Vulkan, 2000)

In 1969 deed Yellot onderzoek naar probability matching, hij behoorde tot de eerste psychologen die naar probability matching keken en beschouwde het als iets irrationeels. Hij vond één van de eerste aanwijzingen dat probability matching een gevolg zou kunnen zijn van het zoeken naar patronen of regels in de volgorde van de stimuli. In dit de laatste fase van zijn probability matching onderzoek was de uitkomst altijd hetzelfde als wat de proefpersoon had voorspeld dat het zou zijn. 50 van 55 proefpersonen hadden dit niet door en wanneer ze er later naar gevraagd werden gaven de meeste op dat ze eindelijk het patroon ontdekten hadden. (Yellot, 1969) Dit is een aanwijzing dat mensen bij probability matches experimenten op zoek zijn naar een regelmaat in de data, ook al

is deze niet aanwezig. De mensen waren namelijk blijkbaar op zoek naar een patroon tijdens de eerdere fases van het experiment en toen ze daarna dat patroon testen bleek hij te kloppen, want alle antwoorden waren positief.

Als mensen gaan probability matchen doordat ze op zoek zijn naar patronen, zou je verwachten dat wanneer je het patroon zoeken tegenhoudt mensen meer gaan maximaliseren. Dat is precies wat Wolford et al. in hun experiment probeerde. (Wolford, Newman, Miller, & Wig, 2004) Hun experiment had drie verschillende varianten, bij alle drie van de experimenten moesten de deelnemers een probability matching experiment uitvoeren. De proefpersonen werd uitgelegd dat de uitkomsten waar ze op moesten gokken willekeurig bepaald werden.

Bij twee van de drie varianten werd de proefpersonen gevraagd ook nog een andere taak uit te voeren en bij de derde werd alleen gevraagd te raden wat de volgende zou worden. De twee andere taken die de proefpersonen uit moesten voeren bestond uit een verbale werkgeheugentaak en een visueel spatiele taak.

Bij de verbale werkgeheugentaak werd aan het einde van elke probability matching taak hun een nieuw getal gegeven en de proefpersonen moesten de laatste drie getallen die ze zagen onthouden. Bij de visueel spatiele taak kregen de proefpersonen na elke probability matching taak een zeszijdige polygone en te zien en moesten ze aangeven of die dezelfde was als bij de vorige taak.

Wolford et al. verwachtten dat deze taken teveel aandacht van de proefpersonen zouden opeisen om ook nog naar patronen te zoeken. Wanneer deze taken er niet waren zouden ze op zoek gaan naar patronen ook al werd hun verteld dat de volgorde willekeurig was.

Uiteindelijk bleek dit ook het geval te zijn. Wanneer mensen ook een verbale werkgeheugentaak uit moesten voeren, probability matchten ze minder en maximaliseerden ze meer. Dit zou mogelijk kunnen komen doordat men te druk bezig is met de verbale werkgeheugentaak om ook nog te zoeken naar patronen dan wel regels in de volgorde van het probability matching experiment.

Wanneer mensen de opdracht wordt gegeven om willekeurige reeks te maken dan maken we series met te veel wisselingen en te weinig lange series van dezelfde soort. Dit is een voorbeeld van het feit dat mensen niet goed zijn in het genereren en herkennen van willekeurigheid. (Wolford, Newman, Miller, & Wig, 2004) In hetzelfde artikel beschrijven Wolford et al. een experiment met probability matching waarbij de volgorde van de elementen verder weg staat van echte willekeurigheid en dichter bij hoe wij denken dat een willekeurige serie er uit moet zien. De proefpersonen kregen een normale en een aangepaste probability matching taak. De aangepaste taak was aangepast willekeuriger te lijken volgens de eerder beschreven regels. Hieruit kwam dat wanneer de sequentie wordt aangepast om meer willekeurig te lijken, ook al is hij minder willekeurig, mensen meer gaan maximaliseren. Wanneer mensen dus meer het idee hebben dat er geen patroon in de volgorde zit, gaan ze er dus ook minder naar op zoek. Dit leidt tot meer maximaliseren en minder probability matchen. Volgens Wolford et al ondersteunen deze resultaten de hypothese dat probability matching wordt veroorzaakt door mensen die zoeken naar patronen.

Unturbe & Corominas deden onderzoek naar de link tussen de mate waarin mensen regels genereren en of mensen al dan niet probability matchen. (Unturbe & Corominas, 2007) Mensen kregen een tweekeuze taak waarbij ze moesten zeggen welke van twee mogelijkheden de volgende keer plaats zou vinden. Er werd de proefpersonen niet verteld dat de volgorde, zoals bij de meeste experimenten naar probability matching, willekeurig zou zijn. Bij de tweede helft van deze taken

werd wat men ook als antwoord gaf alles goed gekeurd. Net zoals bij het onderzoek van Yellot kwam ook bij Unturbe & Corominas naar voren dat bijna niemand door had dat in de tweede fase het resultaat afhankelijk was van hun gok. Aan het einde van het experiment werd de proefpersonen gevraagd om een formulier in te vullen en daarop aan te geven welke regels men had ontdekt in de volgorde van de stimuli. Deze regels werden door een onafhankelijke jury beoordeeld op hun complexiteit. Uiteindelijk kwam er een correlatie naar boven in de mate waarin men probability matchte en de complexiteit van de regels die men gaf. Hoe complexer de regels de regels waren die men bedacht, hoe meer men probability matchte.

Gaissmaier en Schooler hebben in 2008 gekeken naar de hypothese dat mensen op zoek zijn naar patronen in data sets. Ook zij geloven in de hypothese dat het zoeken naar een patroon dat er niet is uiteindelijk leidt tot probability matching. (Gaissmaier & Schooler, 2008) Tijdens hun onderzoek keken ze of mensen die meer aan probability matching doen ook beter zijn in het herkennen van patronen wanneer er een patroon is met dezelfde frequenties als het voorgaande experiment. Als dit zo is, dan is dat verder bewijs voor het idee dat probability matching het resultaat is van het zoeken naar patronen. Ze hielden het ook voor mogelijk dat mensen “win stay, lose shift” gebruiken. Bij “lose stay win shift” blijven mensen bij hun oude keuze als ze gelijk hadden en verschuiven ze wanneer ze ongelijk hadden. Deze strategie heeft ook probability matching als gevolg, maar men is niet op zoek naar een patroon. Ook keken ze of er een verband was tussen korte termijngeheugencapaciteit en welke strategie mensen gebruiken.

Hiervoor verdeelden ze het experiment in twee delen. In het eerste deel was de volgorde willekeurig en bij de tweede deel volgde het een patroon. Proefpersonen die bij de eerste fase van het experiment, met willekeurige input, “win stay lose shift” als strategie hadden en dus probability matchten deden het bij het patroon aanzienlijk minder. Mensen die probability matchten en niet aan “win stay lose shift” deden scoorden het hoogst.

Ook bleek werkgeheugencapaciteit gerelateerd aan hoe goed men scoorde bij het patroon herkennen, maar het was niet gerelateerd aan of iemand zou probability matchen of niet. Sommige mensen die probability matchten deden dat dus omdat ze naar een patroon zochten en anderen deden het vanuit de “win stay lose shift” strategie.

Hoewel zoeken naar patronen in deze situatie weinig waarde heeft, concluderen Gaissmaier en Schooler dat er misschien toch een potentieel slimme strategie achter probability matching schuilt, namelijk het zoeken naar patronen.

Niet iedereen is het eens met de conclusies van Gaissmaier en Scholer. (Koehler & James, 2009) Als reactie op het onderzoek van Gaissmaier en Scholer hebben Koehler en James hun eigen onderzoek gedaan. Hun theorie is dat probability matching voorkomt uit “attribute substitution”. Bij attribute substitution beantwoorden mensen niet de vraag hoe vaak moet ik rood/groen gokken, maar hoe vaak komen rood/groen voor. Het antwoord van de tweede vraag wordt dan als strategie gebruikt voor de eerste vraag.

Mensen kiezen voor deze strategie omdat ze na verdere overweging niet op “maximaliseren” komen, of helemaal niet verder denken. (Koehler & James, 2009) Koehler & James keken wat er gebeurde wanneer je blokkeerde dat mensen kunnen zoeken naar patronen. Het experiment was een probability matching experiment waarbij men moest gokken of er een rode of groene knikker uit een zak getrokken zou worden.

Het experiment van Koehler & James bestond uit een leer fase en een test fase. Voor beide fases

waren er twee varianten, één waarbij de proefpersonen een voor een de trials te zien kregen en één waarbij tijdens de leerfase meteen de uiteindelijke hoeveelheid genoemd werd. Bij de test fase werd gevraagd hoe vaak men voor welke mogelijkheid zou kiezen. Bij de laatste variant, waarbij alle waarden in een keer gekozen werden, is het dus niet mogelijk om te zoeken naar een patroon. Uiteindelijk vonden Koehler & James dat bij beide varianten even vaak geprobability matched werd, het fenomeen bleef dus bestaan ook al kon men niet zoeken naar patronen.

Na deze proef kregen de proefpersonen ook nog een vragenlijst waarbij ze verschillende strategieën konden beoordelen. Hieruit bleek dat aanzienlijk meer mensen maximaliseren als beste strategie kozen dan dat er mensen zijn die ook daadwerkelijk maximaliseren. Volgens Koehler & James ontkracht dit de hypothese dat probability matching komt door het zoeken naar patronen. Mensen probability matchen immers nog steeds ook al kunnen ze geen patronen vinden. Hoewel de meeste proefpersonen nog steeds probability matchten was het percentage mensen dat maximaliseerde (23%) aanmerkelijk hoger dan bij andere onderzoeken. Het zou dus kunnen dat mensen die bij andere experimenten zouden probability matchen om patronen te zoeken hier maximaliseerden.

Sommige mensen die probability matchen hebben dus een grotere kans om patronen te vinden wanneer die bestaan. Anderen doen aan "win stay lose shift". (Gaissmaier & Schooler, 2008) Bij de standaard twee keuze taak die gebruikt wordt bij onderzoek naar probability matching zijn er echter helemaal geen patronen. De hiervoor beschreven experimenten laten zien dat ondanks dat sommige mensen toch naar patronen op zoek zijn.

Dit komt mogelijk door het feit dat mensen niet goed doorhebben dat de volgorde willekeurig is, ook al wordt dit hen bij veel taken nadrukkelijk verteld. Wanneer ze immers het gevoel hebben dat dit wel zo is dan gaan ze ook minder probability matchen. (Wolford, Newman, Miller, & Wig, 2004) Oskarsson et al. hebben een review gedaan van mensen hun perceptie van willekeurigheid. (Oskarsson, Boven, McClelland, & Hastie, 2009) Hierin bespreken ze ook probability matching. Ze constateren dat in veel van de onderzoeken de precieze aard van de volgorde onduidelijk beschreven wordt. Dit moedigt de proefpersonen aan om te gaan zoeken naar regelmaat. Dit wordt ondersteund door onderzoek van Boynton. Hij keek naar het effect van de zogenaamde bron van een willekeurig binaire serie. (Boynton, 2003) Proefpersonen werd een binaire serie gegeven en gevraagd het volgende element te voorspellen. Hieruit bleek dat wanneer mensen dachten dat de volgorde willekeurig was, bijvoorbeeld van een munt die opgegooid werd, men veel vaker keek naar de laatste uitkomst en daar het tegenovergestelde van koos dan wanneer mensen geen instructies over de bron hadden. Context is dus van belang op hoe mensen binaire volgordes interpreteren.

Echter wanneer het experiment zo is opgezet dat mensen niet kunnen zoeken naar patronen, dan probability matchen ze nog steeds, hoewel minder. Er zit dus meer achter probability matching dan alleen het zoeken naar patronen. (Koehler & James, 2009) De vraag is of mensen probability matchen omdat ze niet door hebben dat de volgorde willekeurig is, of omdat ze zich niet bewust zijn van het feit dat probability matching geen optimale strategie is of een combinatie van beiden.

Wanneer probability matching en maximaliseren beide beschreven worden, kiezen mensen meestal maximaliseren als betere strategie. (West & Stanovich, 2003) (Koehler & James, 2009) Wanneer de situatie beschreven wordt hebben mensen dus door dat probability matching geen optimale strategie is. Mensen kunnen misschien zelf de maximaliseren strategie niet bedenken, of ze zijn niet in staat te herkennen wat voor situatie ze zich werkelijk in bevinden en gebruiken daardoor een verkeerde

strategie; bijvoorbeeld het zoeken naar patronen terwijl de volgorde willekeurig is. Een onderzoek dat dit ondersteunt is van Tversky & Edwards. (Tversky & Edwards, 1966) In hun onderzoek mochten proefpersonen na een trial kiezen tussen hun antwoord mee laten tellen, maar dan werd hun niet verteld of het correct was of niet. Of te horen krijgen of hun antwoord correct was, die dan niet meetelde voor de uiteindelijke score. Hoe hoger mensen hun score, hoe meer geld ze uitbetaald kregen.

Hieruit bleek dat mensen veel vaker naar de data vroegen dan wat Tversky & Edwards hadden berekend dat nodig zou zijn. Maar wanneer mensen om de zoveel tijd hun strategie moesten definiëren halveerde het aantal keer dat ze keken. Volgens Tversky & Edwards was dit waarschijnlijk doordat door het vragen naar de strategie mensen meer gedwongen werden om een strategie te bedenken/evalueren. Misschien is het dan ook zo dat wanneer je mensen niet dwingt te evalueren in wat voor situatie ze zitten, ze veel langer doorgaan vanuit hun eerste aanname terwijl er ook bewijs is dat het tegengestelde aantoont.

De vraag is natuurlijk of mensen na lang genoeg oefenen wel een correcte inschatting van de situatie leren maken. Onderzoeken die hiernaar kijken bespreek ik in het volgende deel.

Probability matchen afleren

Probability matchen is bij “probability learning experiments”, niet de beste strategie. Maar kan je mensen die eerst probability matchten ook leren om andere strategieën toe te passen? Naar deze vraag is onderzoek gedaan.

Shanks et al. hebben onderzoek gedaan naar de effecten van grote financiële beloningen, regelmatige feedback en uitgebreide training op probability matching. (Shanks, Tunney, & McCarthy, 2002) Hun hypothese was dat mensen sneller/beter zouden leren wanneer de beloning en begeleiding een grotere rol speelden dan bij andere probability matching onderzoeken. Hiervoor deden ze verschillende experimenten. Tijdens hun eerste experiment kreeg een proefpersoon 5 cent voor elk goed antwoord en verloor hij 5 cent voor elk fout antwoord. Er werden in totaal 300 trials aangeboden en na elke 50 kreeg de proefpersoon feedback over zijn prestatie. Er werd de proefpersoon verteld hoeveel procent hij goed had en hoeveel procent hij had kunnen hebben met een optimale strategie.

Bij dit experiment deed bijna de helft van alle mensen aan maximaliseren. Gemotiveerd door dit succes besloten ze een tweede experiment te doen. Dit experiment was hetzelfde als de voorgaande; alleen kregen de proefpersonen 1800 trials in plaats van 300. Deze 1800 trials waren verspreid over 6 blokken van 300, waarbij proefpersonen 3 dagen kwamen en elke keer twee blokken deden. Aan het einde van dit tweede experiment deed 2/3 van alle proefpersonen aan maximaliseren. Een duidelijke vooruitgang ten opzichte van het eerste experiment.

Tijdens hun derde experiment wilde Shanks et al. het effect van feedback en beloning meten. Ze deelden daarom hun proefpersonen op in vier groepen die werden vergeleken op hoe goed ze maximaliseerden. De ene helft kreeg betaald, de andere helft niet. Die twee helften werden ook beide opgesplitst in een deel dat feedback kreeg en een deel dat dat niet kreeg. De proefpersonen volgden twee sessies van ieder 750 trials op twee momenten een week van elkaar gescheiden. De groep die niet werd betaald en geen feedback kreeg scoorde het slechtst. De groep met zowel feedback als betaling het beste. Feedback leek vooral de snelheid waarmee mensen op maximaliseren overgaan te versnellen. De grote van de beloning had een positief effect op het percentage mensen dat maximaliseerde.

Shanks et al. hun onderzoek laat zien dat mensen kunnen leren maximaliseren. Iedereen leert echter op een ander tempo; hier is mogelijk een connectie met intelligentie. Het is echter voor iedereen zo dat ze een substantieel aantal trials gehad moeten hebben voordat ze gaan maximaliseren, meer dan bij de meeste probability matching experimenten gegeven wordt. In het licht van het vorige hoofdstuk zou het feit dat mensen eerst op zoek gaan naar patronen/regels in de data voor deze vertraging kunnen zorgen. De besproken onderzoeken duurden altijd minder dan 500 trials, dat is voordat de meeste mensen in het onderzoek van Shanks et al. echt beginnen met maximaliseren. Mensen zijn dan eerst een tijd bezig met het zoeken naar patronen/regels die er niet zijn, voordat ze doorhebben dat er geen regelmaat zit in de volgorde. Anderen zijn ook tot deze conclusie gekomen. (Fantino & Esfandiari, 2002)

Fanito & Esfandiari te keken of mensen het sneller goed gingen doen wanneer je ze meer informatie gaf. (Fantino & Esfandiari, 2002) Bijvoorbeeld dat de beste strategie x% van de keren correct is en wat de percentages van beide uitkomsten zijn. Ook keken ze wat de effecten waren wanneer je de taak competitief maakt, of mensen eerder laat vertrekken wanneer ze het goed doen. Uit hun onderzoek kwam naar voren dat alleen het vertellen van de percentages een verschuiving naar maximaliseren opleverde. Uiteindelijk maximaliseerde bijna de helft van de groep aan wie de percentages verteld waren na 192 trials. Bij de controle groep maximaliseerde 1/40. Ook het vragen of de proefpersoon een strategie voor andere spelers kon formuleren had een positief effect. Door mensen te vragen een strategie te formuleren werden ze waarschijnlijk aangemoedigd om hun situatie te evalueren. Hierna namen ze deze strategie dan zelf ook over.

Het onderzoek van Fanito & Esfandiari en Shanks et al. laat zien dat wanneer je mensen meer informatie geeft ze het beter gaan doen. Dit ondersteunt het idee dat probability matchen veroorzaakt wordt door een verkeerde inschatting die proefpersonen maken tijdens een experiment. Ook wanneer je mensen langer door laat gaan gaan ze het vanzelf beter doen. Waarschijnlijk komt dit omdat ze dan door het uitvoeren van het experiment meer informatie verzamelen. Dit werd ook door anderen gevonden. (Maddox & Bohil, 2004)

Strategie beschreven taak versus strategie daadwerkelijke taak en de rol intelligentie.

Er is een verschil tussen de strategie die mensen als beste beschrijven en de strategie die mensen daadwerkelijk gebruiken. Zo keken Gal & Baron naar welke strategieën mensen als beste ervaren wanneer een probability matching taak aan ze beschreven werd. (Gal & Baron, 2002) Hieruit kwam dat bijna 70% van de mensen maximaliseren als beste optie zagen. Dit aantal is vergelijkbaar met wat Shanks et al. uiteindelijk vonden als percentage proefpersonen dat na training aan maximaliseren deed. Wanneer je mensen maximaliseren beschrijft zien ze dus wel in dat het beter is.

Een ander onderzoek is gedaan door West & Stanovich. Zij gaven hun proefpersonen verhalen met waarin een “probabilistic choice task” zat en verschillende mogelijke strategieën om die taak op te lossen. (West & Stanovich, 2003) Ze vroegen daarna welke strategie de proefpersoon als de beste ervaren. West & Stanovich vonden niet dat een meerderheid voor maximaliseren koos, maar de hoeveelheid (35%) was nog steeds significant meer dan bij de andere probability matching

experimenten. Bovendien vonden ze dat degene die wel voor maximaliseren kozen hogere cognitieve vaardigheden hadden dan mensen die voor probability matchen gingen. Deze correlatie tussen maximaliseren en intelligentie werd in een ander onderzoek van West & Stanovich ook gevonden. (Stanovich & West, 2008) Stanovich & West gaven proefpersonen voorbeelden van probability match experimenten en vroegen de proefpersonen in te schatten hoe groot de kans was dat een van de twee mogelijkheden gebeurde tijdens de eerste trial. Daarna de kans tijdens de tweede keer etc, totdat er 10 trials behandeld waren. Mensen die consequent voor de meest waarschijnlijke mogelijkheid kozen werden geclassificeerd als maximaliserend. Wanneer men voor 7 keer koos voor de mogelijkheid met 70% waarschijnlijkheid en 3 keer voor 30% telde men als probability matchend. Ook hier kwam dat hoe groter de cognitieve vaardigheden, hoe groter de kans dat men maximaliseerde. Het percentage mensen dat maximaliseert is dus groter wanneer je het experiment beschrijft, dan wanneer je het experiment daadwerkelijk uitvoert. Dit ondersteunt de hypothese dat mensen niet goed in schatten in welke situatie ze zitten.

Is probability matchen rationeel?

Probability matchen wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat mensen de situatie verkeerd in schatten. Ze gaan op zoek naar regels/patronen die er niet zijn. Wanneer je ze meer feedback geeft, of langer door laat gaan met het experiment gaan ze uiteindelijk maximaliseren. Wanneer je mensen een probability matching taak beschrijft en vraagt welke strategie als beste werkt kiest ook een aanzienlijk deel voor het maximaliseren. In beide gevallen geldt dat hogere cognitieve capaciteit betekent dat iemand een grotere kans heeft om te gaan maximaliseren. Uiteindelijk krijgen de meeste mensen dus door dat maximaliseren in deze situatie dus de beste strategie is.

Het staat niet ter discussie dat probability matching in deze situatie niet optimaal is, maximaliseren haalt immers een hogere score. Er zijn echter situaties waarin probability matchen wel een betere strategie is dan maximaliseren. Een voorbeeld daarvan geeft Gigerenzer (Gigerenzer, 2000); wat rationeel kan zijn voor een individu hoeft niet irrationeel te zijn voor een groep. Neem bijvoorbeeld een rat op zoek naar eten, 80% van de tijd ligt er eten op positie A en 20% van de tijd op positie B. Wanneer alle ratten altijd naar A gaan omdat daar de grootste kans is op eten krijgen ze allemaal maar een kleine hoeveelheid. Wanneer een rat af en toe ook naar B zou gaan zou die rat beter af zijn. Zonder context kan je niet zeggen dat maximaliseren altijd de beste oplossing is. Volgens Gigerenzer en mensen die in zijn visie van rationaliteit geloven is probability matching dus in sommige gevallen wel een goede strategie. Alleen generaliseren mensen deze strategie naar een situatie waar die niet van toepassing is. (Rode, Cosmides, Hell, & Tooby, 1999)

Deze redenering gaat er echter vanuit dat mensen weten wat de waarschijnlijkheden van beide mogelijkheden zijn en dat de volgorde willekeurig is. Tijdens de experimenten waarbij mensen probability matchen weet men dat niet. Wanneer je een probability experiment uitlegt geven de meeste mensen aan dat maximaliseren de betere strategie is. Tegelijk is het ook zo dat wanneer je mensen langer laat trainen en ze meer feedback geeft ze gaan afwijken van probability matchen en meer gaan maximaliseren. Hoe meer mensen dus over de opzet van het experiment weten, hoe meer ze gaan maximaliseren. Dit ondersteunt de hypothese dat mensen aan het begin van een experiment een verkeerde inschatting maken en daardoor op zoek gaan naar patronen en regels in de data terwijl die er niet zijn. Niet dat mensen bewust voor de probability matching taak als beste variant kiezen.

De school van Kahneman & Tversky zijn van mening dat probability matching een fout is die mensen maken doordat ze een "cognitive shortcut" gebruiken. (West & Stanovich, 2003) Voor sommige mensen is dat ongetwijfeld zo, bij het onderzoek van Shanks et al. probability matcht aan het einde van het experiment nog 30%. (Shanks, Tunney, & McCarthy, 2002) En ook Gaissmaier & Schooler vinden dat sommige mensen die probability matchen zoeken naar patronen, maar ook dat sommigen aan "win stay lose shift" doen. (Gaissmaier & Schooler, 2008) Uiteindelijk leren de meeste mensen dat ze beter kunnen maximaliseren dan probability matchen en nemen dat dus ook over. Probability matchen komt bij veel mensen dus voor uit iets wat complexer is dan de door Kahneman & Tversky beschreven "cognitive shortcut". Het blijft echter zo dat mensen een fout maken, alleen is deze fout niet het kiezen van de verkeerde strategie. Maar een voorbeeld van het al beter bekende fenomeen dat mensen niet goed zijn in het herkennen van willekeurigheid en zich niet bewust zijn van in welke situatie ze zich bevinden.

De meeste mensen kiezen niet bewust voor probability matchen. Dit komt voort uit het feit dat mensen de situatie verkeerd in schatten. Zodra men de situatie door heeft veranderden de meeste mensen van strategie naar maximaliseren. Gecombineerd met het feit dat probability matching niet de hoogste score haalt is dat volgens Kahneman & Tversky genoeg om te concluderen dat probability matchen irrationeel is.

Context is echter ook heel belangrijk bij dit soort vraagstukken ook bij probability matching. In de echte wereld komen mensen vaker in contact met dingen die een patroon hebben dan wel bepaalde regels volgen dan dat we in contact komen met dingen die willekeurig zijn. En zoals eerder genoemd beschrijven Oskarsson et al. dat bij veel experimenten met probability matching de aard van de volgorde niet goed beschreven wordt. (Oskarsson, Boven, McClelland, & Hastie, 2009) Mensen zijn zich dus niet goed bewust van de willekeurigheid. Bovendien is het zo dat psychologen niet altijd even eerlijk zijn bij het voorleggen van een experiment. Ook heb je de klassieke puzzels waarbij mensen een aantal elementen aangeboden krijgen en dan het volgende element moeten voorspellen; bijvoorbeeld 1,2,4,8 .. waarbij gezocht wordt naar een 16. Het is dus maar de vraag of het kijken of er een patroon in de volgorde zit binnen deze context echt irrationeel is. Want zoals het onderzoek van Gaissmaier & Schooler laat zien als er wel een patroon is dan vinden mensen dat ook sneller. (Gaissmaier & Schooler, 2008)

Gigerenzer stelt dat veel van de irrationele beslissingen die mensen nemen tijdens experimenten in het echt wel mee vallen en dat je een groot deel van deze fouten kan voorkomen door de vraag anders te stellen. Een voorbeeld bij probability matching daarvan is het experiment van White & Koehler. Bij dit experiment werd mensen gevraagd een diagnose te geven op basis van een aantal symptomen, elke diagnose had zijn eigen kans. Hierbij kozen proefpersonen altijd voor de diagnose met de hoogste kans, ze probability matchten dus niet. Het zou kunnen dat mensen hier wel altijd maximaliseren omdat de mogelijkheid van een patroon weggenomen wordt, de proefpersonen zoeken niet naar een patroon in de ziektes van patiënten.

Dus ondanks dat het gebruik van probability matching in de standaard situatie niet optimaal is, kan je wel stellen dat er een waardevol potentieel achter zit. Namelijk het vinden van patronen. Zodra mensen door hebben dat er geen patroon is gaan ze maximaliseren.

Geciteerde werken

- Boynton, D. M. (2003). Superstitious responding and frequency matching in the positive bias and gamblers fallacy effects. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* , 119-127.
- Chase, V. M., Hertwig, R., & Gigerenzer, G. (1998). Visions of rationality. *Trends in Cognitive Sciences* , 206-214.
- Fantino, E., & Esfandiari, A. (2002). Probability Matching; Encouraging Optimal Responding in Humans. *Canadian Journal of Experimental Psychology* , 58-63.
- Gaissmaier, W., & Schooler, L. J. (2008). The smart potential behind probability matching. *Cognition* , 416-422.
- Gal, I., & Baron, J. (2002). Understanding repeated simple choices. *Thinking & Reasoning* , 58-63.
- Gigerenzer, G. (2000). *Maximizing: Choice under Uncertainty*. Oxford: Oxford University Press.
- Kahneman, D. (2003). A perspective on Judgement and Choice. *American Psychologist* , 697-720.
- Koehler, D. J., & James, G. (2009). Probability matching in choice under uncertainty. *Cognition* 113 , 123-127.
- Maddox, W. T., & Bohil, C. J. (2004). Probability matching, accuracy maximization, and a test of the optimal classifier's independence assumption in perceptual categorization. *Perception & Psychophysics* , 104-118.
- McCrea, S. M., & Hirt, E. R. (2009). Match Madness: Probability Matching in Prediction of the NCAA basketball tournament. *Journal of Applied Social Psychology* , 2809-2839.
- Norman, M. F., & Yellot, J. I. (1966). Probability Matching. *Psychometrika* , 43-60.
- Oskarsson, A. T., Boven, L. V., McClelland, G. H., & Hastie, R. (2009). What's Next? Judging Sequences of Binary Events. *Psychological Bulletin* , 262-265.
- Polič, M. (2009). Decision making: between rationality and reality. *Interdisciplinary description of complex systems* 7 (2) , 78-89.
- Shanks, D. R., Tunney, R. J., & McCarthy, J. D. (2002). A Re-examination of Probability Matching and Rational Choice. *Journal of Behavioral Decision Making* , 15, 233-250.
- Stanovich, K. E., & West, R. F. (2008). On the Relative Independence of Thinking Biases and Cognitive Ability. *Journal of Personality and Social Psychology* , 672-695.
- Tversky, A., & Edwards, W. (1966). Information Versus Reward in Binary Choices. *Journal of Experimental Psychology* , 680-683.
- Unturbe, J., & Corominas, J. (2007). Probability Matching Involves Rule-Generating Ability: A Neuropsychological Mechanism Dealing With Probabilities. *Neuropsychology* , 621-630.
- Vranas, P. B. (2000). Gigerenzer's normative critique of Kahneman and Tversky. *Cognition* , 179-193.

Vulkan, N. (2000). An Economists Perspective on Probability Matching. *Journal of Economic Surveys* , 14, 101-118.

West, R. F., & Stanovich, K. E. (2003). Is probability matching smart? Associations between probabilistic choices and cognitive ability. *Memory & Cognition* , 243-251.

White, C. M., & Koehler, D. J. (2007). Choice Strategies in Multiple-Cue Probability Learning. *Journal of Experimental Psychology* , 757-768.

Wolford, G., Newman, S. E., Miller, M. B., & Wig, G. S. (2004). Searching for Patterns in Random Sequences. *Canadian Journal of Experimental Psychology* , 221-228.

Yellot, J. I. (1969). Probability Learning with Noncontingent Success. *Journal of Mathematical Psychology: 6* , 541-575.