



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Hvorledes kan matematik hjælpe med at forstå den menneskelige psyke?

Thomsen , Ida Maria Mathilde ; Dall, Jonas Olsen; Sørensen, Thomas Alrik

Published in:

Psykologi information : Medlemsinformation for psykologilærerforeningen

Publication date:
2022

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Thomsen , I. M. M., Dall, J. O., & Sørensen, T. A. (2022). Hvorledes kan matematik hjælpe med at forstå den menneskelige psyke? *Psykologi information : Medlemsinformation for psykologilærerforeningen*, 50(3), 16-21. <https://issuu.com/jasminclausen/docs/psiokt2020>

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Hvorledes kan matematik hjælpe med at forstå den menneskelige psyke?

Af Ida Maria Mathilde Thomsen, Jonas Olsen Dall, & Thomas Alik Sørensen.

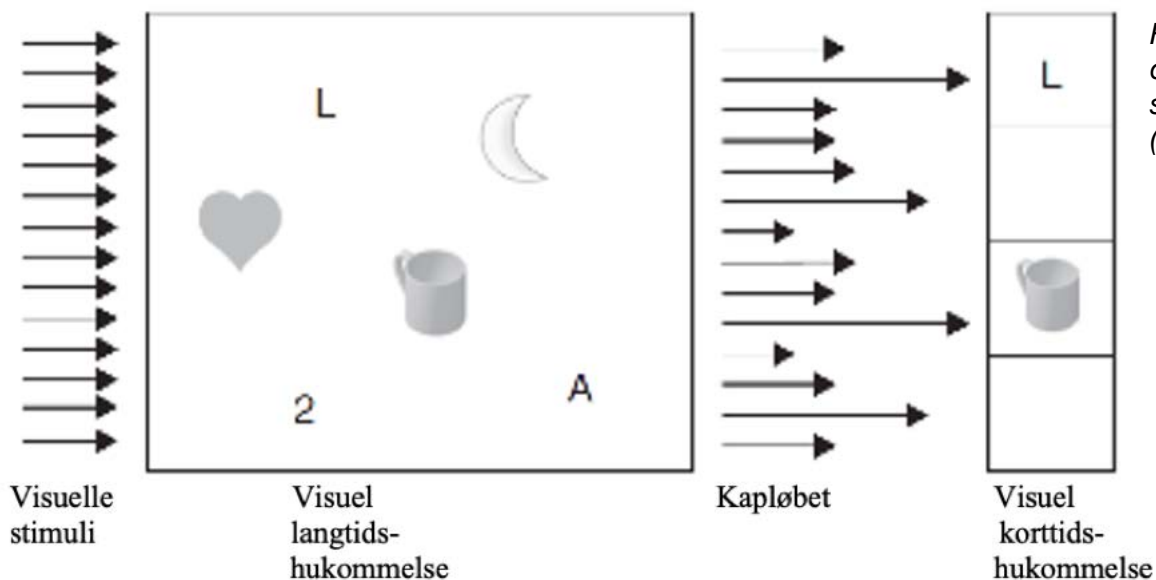
Det er nok få, der tænker på matematik som et væsentligt værktøj til at forstå den menneskelige psyke. Naturligvis bruger psykologi, som andre videnskaber, statistik som redskab til at forstå forskningsresultater, således at vi kan slutte om fx en given intervention har en effekt eller ej. Matematisk modellering af den menneskelige psyke er imidlertid en mere specialiseret del af psykologien. Dog har den ikke blot sin berettigelse, men kan være et stærkt redskab, hvilket vi vil se nærmere på i denne artikel. Ét er at hjælpe med en bedre forståelse af psykologiske forskningsgenstande, såsom opmærksomhed – men måske giver netop denne tilgang også mulighed for at udvikle mere præcise kliniske værktøjer, som kan hjælpe forskellige patientgrupper. Her vil vi se nærmere på en matematisk model for opmærksomhed udviklet i København, med netop dette potentiale - En teori om visuel opmærksomhed (Bundesen, 1990).

Fra vi åbner vores øjne om morgenen, til vi lukker dem om aftenen, bombarderes vi med visuel information fra vores omverden - dette i mængder, som vi umuligt kan analysere fuldt ud eller forholde os til. Vores opmærksomhed udvælger derfor den vigtigste information, oftest så effektivt, at vi ikke lægger mærke til det. Denne selektionsmekanisme er afgørende, når man tager i betragtning, at menneskets visuelle korttidshukommelse er begrænset til kun at kunne fastholde omkring tre til fire enheder ad gangen (Luck & Vogel, 1997; Sperling, 1960; se også Sørensen & Kyllingsbæk, 2012). George Sperling demonstrerede denne begrænsning i en række forsøg fra 1960'erne. Her instruerede han forsøgsdeltagere til at rapportere så mange bogstaver som muligt efter en kort fremvisning af en tavle med forskellige bogstaver. Antallet af korrekt afrapporterede bogstaver afhang af den mængde tid, som bogstaverne blev vist i. Han viste blandt andet, at der er en minimum effektiv eksponeringstid, t_0 , under hvilken deltagerne ikke har nogen information tilgængelig, og derfor udelukkende gætter på hvilke bogstaver der blev vist på skærmen (Sperling, 1963; 1967). Når eksponeringstiden derimod overskrider tærsklen t_0 , så stiger den gennemsnitlige rapportering af korrekte bogstaver indledningsvis med en meget høj hastighed (på omkring et bogstav per 10-15 ms), hvis stigning gradvis flader ud. Denne eksponentielt stigende adfærdskurve lader til at nå en asymptote, omkring fire bogstaver. Denne begrænsning af korttidshukommelsen er efterhånden veletableret (Cowan, 2001), og en række studier har siden replikeret denne begrænsning (Luck & Vogel, 1997; Shibuya & Bundesen, 1988; Sørensen & Kyllingsbæk, 2012). På trods af at vi kun kan fastholde relativt få objekter ad gangen lægger vi i det daglige sjældent mærke til dette, fordi vores opmærksomhed på snedig vis prioriterer og selekterer i vældet af sensorisk information, på en måde således, at vi typisk indkoder det mest relevante fra omgivelserne.



De klassiske teorier om opmærksomhed opdeles ofte efter hvornår denne udvælgelse foregår, og skelner mellem tidlig- og sen-selektion teorier for opmærksomhed. Tidlig-selektion teorier hævder, at selektionen opstår inden en visuel kategorisering, altså inden stimuli er blevet genkendt, som tilhørende en bestemt kategori (fx Broadbent, 1958). På den anden side hævder sen-selektion teorier derimod, at selektionen af opmærksomhed finder sted efter visuel kategorisering (fx Deutsch & Deutsch, 1963). Men de to yderpunkter strandeder i en diskussion der minder om hvorvidt hønen eller ægget kom først - eller med andre ord, hvordan kan vi selekere noget, som vi endnu ikke ved hvad er, overfor hvorfor ignorere information vi allerede har processeret og derfor burde være tilgængeligt for os. Begge standpunkter har imidlertid forskellige forskningsresultater som kan understøtte dem.

I et forsøg på at samle disse teorier formulerede Claus Bundesen (1990) teorien om visuel opmærksomhed (A Theory of Visual Attention; TVA). Denne stiller sig på sin vis udenfor debatten om tidlig og sen selektion, da TVA modsat tidligere teorier foreslår, at selektion og visuel kategorisering optræder i samme proces (Bundenen & Habekost, 2008). Tænker vi på hvorledes information fra sanserne behandles, er det nærliggende at vi selekterer de mest relevante ting i omgivelserne for at repræsentere dem i korttidshukommelsen, hvorfra de eventuelt senere kan blive lagret i langtidshukommelsen. Men her hævder TVA, at sansinformation indledningsvis sammenholdes med repræsentationer i langtidshukommelsen, og først herefter igangsættes et stokastisk væddeløb om indkodning i korttidshukommelsen (Fig. 1; Bundesen, 1990; Bundesen & Habekost, 2008; se også Dall & Sørensen, 2018; Sørensen & Brogaard, 2022).



Figur 1. Modificeret fra Bundesen & Habekost (2008).



I opmærksomhedsvæddeløbet vægtes den sensoriske evidens (η) for hver enkel genstand i synsfeltet i forhold til for hvad det er. Således sammenholdes den sensoriske information fra synssansen med repræsentationer i visuel langtidshukommelse, og jo stærkere den sensoriske evidens er, des større chance er der for at lave en given kategorisering. Hvis en genstand har en række egenskaber som passer på en kop, så er der en god chance for at vi har med en kop at gøre. Men det sensoriske bevis for at et objekt tilhører en bestemt kategori, fx kategorien kopper, er kun ét element i processen. Der må også ske en selektion, eller prioritering, af hvad der er væsentligt i en given situation. Her foreslår TVA, at vægtningen af den sensoriske evidens (η) påvirkes af henholdsvis et perceptuelt beslutnings bias (β) og en proceserings prioritering eller pertinens (π) for visse kategorier. Bias påvirker hvor sandsynligt det er, at en enhed kategoriseres, som tilhørende en bestemt kategori, og bestemmer således hvordan de udvalgte genstande kategoriseres (Nordfang & Nørby, 2017; Bundesen & Habekost, 2008). Pertinens på den anden side, skalerer prioriteringen af hvor relevant en bestemt kategori er i en given situation. (Nordfang & Nørby, 2017).

Lad os, i et tænkt eksempel, forestille os at vi har parkeret vores bil i nærheden af en skov, hvor vi skal hente vores barn, som har været på en spejdetur. Efter en time kan vi se dem i skovbrynet, hvorefter vi stiger ud af bilen for at gå dem i møde. Da vi stiger ud af bilen, bliver vores opmærksomhed dog fanget af noget under bilen - der er her noget aflangt som vi tror er en slange, senere viser det sig blot at være en pind. Først og fremmest så har både slanger og pinde nogle egenskaber som er fælles, fx rund og aflang, og der er lille sammenfald med andre kategorier som kaffekopper og biler. Men fordi slangen kan være farlig, så kan det være særligt væsentligt at lave netop denne type kategorisering, for at reagere hurtigt og således undgå et slangebids. Så selvom den sensoriske evidens i bilens skygge måske stadig var størst for at det her var en pind, så var den sensoriske evidens for at det var en slange relativt høj kombineret med pertinensen af mulige farlige dyr, så som kategorien af giftige slanger. Ved nærmere eftersyn får vi så bedre sensorisk evidens for at det faktisk ikke er en slange, men blot en pind. TVA kan således også rumme hvordan vi indimellem kan tage fejl ved at lave fejlkategoriseringer. Ser vi fx en pind under vores bil, så sammenholdes denne information først og fremmest med kategorier, eller skabeloner, som vi har etableret i langtidshukommelsen. På dette stadie kender vi endnu ikke identiteten på objektet, men har noget sensorisk information for et aflangt objekt under bilen. Hjernen sammenligner nu sanseinformationen med langtid-



skabeloner, og da objektet deler mange egenskaber med en pind, er der en høj grad af evidens for dette. Modsat kunne det også være en fisk, men her er evidensen meget lavere, og derfor er sandsynligheden for at tro at en pind er en fisk meget lille – og måske lavere for at det kunne være en kaffekop. Men det væsentlige her er, at vi indimellem fejlkategoriserer objekter, og i dette eksempel er evidensen relativt høj for, at det måske kunne være en giftig slange. Fordi en slange kan være farlig, så kan vi komme til at lave netop denne type initial fejlkategorisering, hvor vi senere opdager, i takt med bedre sensorisk evidens, at det blot var en pind under bilen.

Som nævnt er TVA en matematisk model, som er centreret omkring to ligninger, som beskriver kapløbet om indkodning i korttidshukommelsen; væddeløbsligningen og vægtningsligningen. Ligningen for væddeløbet beskriver hastigheden v , hvorved en perceptuel enhed x (det kunne fx være farven rød) tilhører kategori i , og afhænger af tre faktorer. Den første faktor omhandler styrken af den sensoriske evidens (η) for, at en perceptuel enhed ligner en given mental kategori. Den anden faktor er den observeredes subjektive bias beta (β) for at lave bestemte kategoriseringer. Den tredje, og sidste faktor, (w) vægter den relative vægt af opmærksomhedsressourcerne, som tildeles de forskellige objekter. Samlet set ser formelen for ligningen for indkodning således ud (Bundesen & Habekost, 2008, s. 61):

$$\text{Væddeløbsligningen: } v(x, i) = \eta(x, i)\beta_i \frac{w_x}{\sum_{z \in S} w_z}$$

Vægten af opmærksomhed (w) som tildeles et bestemt objekt (x) udregnes på baggrund af den anden ligning i TVA, nemlig vægtningsligningen. I den væddeløbet om indkodning kan finde sted, tildeles alle visuelle stimuli en opmærksomhedsvægt ud fra de begrænsede bearbejdningsressourcer systemet har. Opmærksomhedsvægten vægtes efter evidens og relevans af de enkelte stimuli, således at den sensoriske styrke (η) for at den perceptuelle enhed (x) tilhører en bestemt kategori (j), ganget med pertinensen eller vigtigheden (π) af denne kategorisering. Samlet set ser formelen for ligningen for vægt således ud (Bundesen & Habekost, 2008, s. 61):

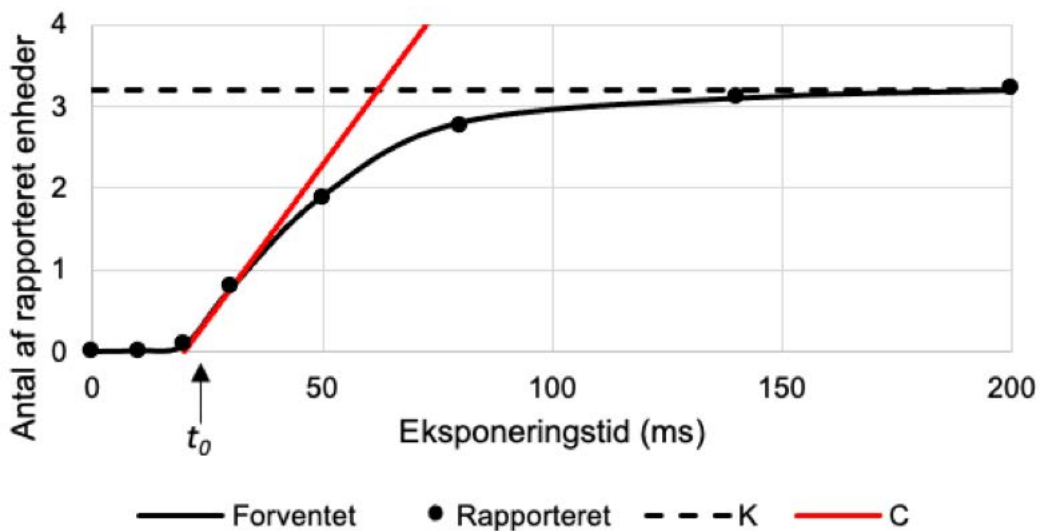
$$\text{Vægtningsligningen: } w(x) = \sum_{j \in R} \eta(x, j)\pi_j$$

Som matematisk model kan vi tilpasse denne til data hen over forskellige eksponeringstider (Fig. 2). Fordelen ved at tilpasse den matematiske model til observeret data gør at vi kan udlede specifikke estimater for forskellige specifikke kognitive processer.



Eksempel på TVA fit

Figur 2. Eksempel på TVA fit modificeret fra Dall, Wang, Cai, Chan & Sørensen (2021). På figuren kan tærskelværdien (t_0), bearbejdningshastigheden (C), samt den visuelle hukommelseskapacitet (K) aflæses.



Punkterne er data fra adfærdsobservationer, den sorte linje er TVA modellen tilpasset data, den stiplede linje er asymptoten på kurven, og den røde linje er hældningen af tangenten i punktet t_0 .

Eksempelvis kan vi udlede tærskelværdien for perception (t_0). Det den mængde tid som en ting minimum skal vises, før en deltager har en bevidst oplevelse af en genstand - alt der vises hurtigere vil ikke nå bevidstheden. Således er t_0 det punkt hvor modellen ikke længere er nul på y-aksen, eller her hvor kurven begynder (Fig. 2). Den samlede bearbejdningshastighed (C , som er summen af alle v), er den hastigheden, hvorved information indkodes i visuel korttidshukommelse (Bundesen, Vangkilde & Petersen, 2015). C er hældningen på tangenten til funktionen i punktet t_0 (Fig. 2). I takt med at vi øger eksponeringstiden så stiger sandsynligheden for at materiale indkodes i visuel korttidshukommelse, men denne effekt flades ud på eksponentiel vis i takt med at eksponeringstiden øges. Den øvre grænse hvor funktionen når en asymptote er kapaciteten (K) for visuel korttidshukommelse, eller et mål for hvor mange genstande vi kan have repræsenteret i korttidshukommelsen på én gang (Fig. 2). Udover de parametre som vi kan relatere direkte til figur 2, så kan vi også udlede hvor meget opmærksomhed der tildeles en genstand (w), hvor hurtigt enkelte objekter processeres (v), sammen med en række andre parametre. Det væsentlige her er, at de matematiske para-



metre ikke blot er abstraktioner, men psykologisk relevante parametre, som kan relateres direkte til specifikke kognitive funktioner. Derfor kan matematiske modeller som fx TVA, bidrage til en mere specifik undersøgelse af kognitive funktioner såsom opmærksomhed. Så udover mere grundvidenskabelige eller teoretiske forskningsspørgsmål så kan TVA, anvendes til at undersøge individuelle forskelle mellem grupper eller individer. I de seneste 20 år har TVA blandt andet været anvendt inden for det kliniske område, i forhold til at give os en bedre forståelse af opmærksomhed ved et væld af neurologiske og psykiatriske tilstande, såsom neglekt (Duncan et al., 1999), læseforstyrrelser (Habekost & Starrfelt, 2006), aldrig (Wiegand et al., 2014), samt neurologiske udviklingsforstyrrelser, såsom ADHD (McAvinue et al., 2012; Caspersen et al., 2017). TVA har således formået at udvikle sig fra en teoretisk model om opmærksomhed, og til et værktøj hvormed at vi fx kan få en bedre forståelse for hvorledes opmærksomhedsprocesser adskiller sig mellem neurotypiske børn og børn med eksempelvis ADHD (Caspersen et al., 2017), og i sidste ende kan denne viden gøre, at vi kan udvikle bedre værktøjer til at hjælpe forskellige grupper af mennesker. Så selvom det måske ikke er det mest nærliggende at tænke psykologi og matematiske modeller sammen, så er der et stort potentiale i opdyrkningen af netop disse to fagområder.

Referencer

- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. London: Pergamon Press.
- Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological review*, 97(4), 523-547.
- Bundesen, C. & Habekost, T. (2008). *Principles of Visual Attention: Linking Mind and Brain*. Oxford University Press.
- Bundesen, C., Vangkilde, S., & Petersen, A. (2015). Recent developments in a computational theory of visual attention (TVA). *Vision research*, 116, 210-218.
- Caspersen, I., D. Petersen, A., Vangkilde, S., Plessen, K. J., & Habekost, T. (2017). Perceptual and Response-Dependent Profiles of Attention in Children With ADHD. *Neuropsychology*, 31(4), 349-360.
- Cowan, N. (2001). Metatheory of storage capacity limits. *Behavioral and brain sciences*, 24(1), 154-176.
- Dall, J. O. & Sørensen, T. A. (2018). Hukommelse II: Ekspertise og korttidshukommelses begrænsninger. Psykologi information: Medlemsinformation for psykologilærerforeningen, 18-25.
- Dall, J. O., Wang, Y.-M., Cai, X., Chan, R. C. K., & Sørensen, T. A. (2021). Visual short-term memory and attention: An investigation of familiarity and stroke count in Chinese characters. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 47(2), 282-294.
- Deutsch, J. A. & Deutsch, D. (1963). Attention: some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70(1), 80-90.
- Duncan, J., Bundesen, C., Olson, A., Humphreys, G., Chavda, S., & Shibuya, H. (1999). Systematic analysis of deficits in visual attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(4), 450-478.
- Habekost, T. & Starrfelt, R. (2006). Alexia and quadrant-amblyopia. Reading disability after a minor visual field deficit. *Neuropsychologia* 44(12), 2465-2476.
- Luck, S. J. & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390(6657), 279-281.
- McAvinue, L. P., Habekost, T., Johnson, K. A., Kyllingsbæk, S., Vangkilde, S., Bundesen, C., & Robertson, I. H. (2012). Sustained attention, attentional selectivity, and attentional capacity across the lifespan. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74(8), 1570-1582.
- Nordfang, M. & Nørby, S. (2017). *Kognitionspsykologi*. Samfundslitteratur.
- Shibuya, H. & Bundesen, C. (1988). Visual selection from multi element displays: measuring and modeling effects of exposure duration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14(4), 591-600.
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological monographs: General and applied*, 74(11), 1-29.
- Sperling, G. (1963). A model for visual memory tasks. *Human Factors*, 5(1), 19-31.
- Sperling, G. (1967). Successive approximations to a model for short-term memory. *Acta Psychologica*, 27, 285-292.
- Sørensen, T. A. & Brogaard, B. (2022). Hukommelse og ekspertise. I *Hjernen og hukommelsen* (s. 54-69). HjerneForum.
- Sørensen, T. A., & Kyllingsbæk, S. (2012). Short-term Storage Capacity for Visual Objects depends on Expertise. *Acta Psychologica*, 140(2), 158-163.
- Wiegand, I., Töllner, T., Dyrholm, M., Müller, H. J., Bundesen, C., & Finke, K. (2014). Neural correlates of age-related decline and compensation in visual attention capacity. *Neurobiology of Aging*, 35(9), 2161-2173.