



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Visualisera allt med Gestalt

Att underlätta avläsning av nätverksdiagram med gestaltprinciper

Gestalt makes you visualize it all

Facilitating reading of node-link diagrams by means of Gestalt principles

THERES CARLSSON

LOVISA HALLGREN

Kandidatuppsats i kognitionsvetenskap

Rapport nr. 2017:121

Abstract

För att kunna förmedla data på ett bra sätt är det viktigt att använda effektiva visualiseringar. Ett sätt att visualisera data är med hjälp av diagram. Det är dock inte vanligt att kognitiva begränsningar tas i beaktande när diagram utformas, vilket gör att diagram ofta inte förmedlar information så effektivt som de skulle kunna göra. Ett antal kognitiva principer som kan underlätta avläsning av diagram är gestaltprinciperna. Därför gjordes i denna studie ett experiment med 30 deltagare för att se om tillämpningen av gestaltprinciper kan främja avläsning av nätverksdiagram. Vidare undersöktes om dessa principer kan hjälpa ytterligare då diagrammen är visuellt komplexa och orsakar hög kognitiv belastning. För att undersöka detta mättes svarstiden medan deltagarna utförde ett antal uppgifter gällande fyra olika nätverksdiagram. Resultatet visade att den genomsnittliga svarstiden minskade när gestaltprinciper applicerades på nätverks-diagrammen. Dessutom visade resultatet att svarstiden för uppgifterna minskade än mer när gestaltprinciperna tillämpades på nätverksdiagram som var visuellt komplexa och därmed medförde hög kognitiv belastning. Detta indikerar att avläsning av diagram kan underlättas med hjälp av gestaltprinciper.

Nyckelord: gestaltprinciper, diagram, visuell komplexitet, kognitiv belastning

Abstract

In order to communicate data well, it is important to use effective visualizations. One way to visualize data is by means of diagrams. However, the capacity of cognition is not usually taken into account when drawing up charts, which often leads to them not conveying information as efficiently as they could. A set of cognitive principles that can facilitate reading of charts are the Gestalt principles. Therefore, in this study, an experiment of 30 participants was made to see if the application of Gestalt principles could facilitate node-link diagram reading. Further, it was investigated whether these principles can help further if the charts are visually complex and cause high cognitive load. To investigate this, the response time was measured while the participants performed a number of tasks regarding four different node-link diagrams. The result showed that the average response time decreased when Gestalt principles were applied to the node-link diagrams. In addition, the result showed that response time for the tasks decreased further when the Gestalt principles were applied to node-link diagrams that were visually complex and thus resulted in high cognitive load. This indicates that reading of charts can be facilitated using Gestalt principles.

Keywords: Gestalt principles, chart, visual complexity, cognitive load

Förord

Denna kandidatuppsats är skriven vid Göteborgs universitet på Institutionen för tillämpad informationsteknologi, under vårterminen 2017. Den har skrivits gemensamt av Theres Carlsson och Lovisa Hallgren. Båda skribenter har haft ansvar för alla delar av uppsatsen, då den har skrivits tillsammans genom hela arbetsprocessen.

Ett stort tack till Gustaf Lindblad som har handlett denna uppsats!

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	6
1.1 Syfte.....	7
1.2 Avgränsningar.....	7
1.3 Frågeställning och hypoteser.....	7
2. Bakgrund.....	8
2.1 Minnet och dess begränsningar.....	8
2.3 Chunking.....	9
2.4 Gestaltpsychologi.....	9
2.4.1 Figure and ground.....	10
2.4.2 Prägnanz.....	11
2.5 Feature integration theory och preattentive processing.....	12
2.6 Visual clutter och visuell komplexitet.....	13
2.7 Diagram.....	14
3. Metod.....	14
3.1 Utformning av diagram.....	14
3.2 Deltagare.....	16
3.3 Material.....	16
3.3.1 PsyToolkit.....	16
3.4 Experimentdesign.....	17
3.4.1 Val av frågor.....	18
3.5 Procedur.....	18
3.5.1 Databehandling.....	18
4. Resultat.....	19
4.1 Gestaltprincipernas effekt på svarstid.....	20
4.2 Svårighetsgradernas effekt på svarstid.....	20
4.3 Spridningsmått.....	20
5. Diskussion.....	21
5.1 Diskussion kring resultat.....	21
5.1.1 Gestaltprincipernas inverkan.....	21
5.1.2 Svårighetsgradens inverkan.....	22
5.1.3 Allmän diskussion kring resultat.....	23
5.2 Diskussion kring design och genomförande.....	24
5.2.1 Diagrammens utformning.....	24

5.2.1.1 Diagrammens svårighetsgrad.....	25
5.2.1.2 Diagrammens färg.....	25
5.2.2 Experimentdesign.....	25
5.2.2.1 Experimentets uppgifter.....	25
5.2.2.2 Träningseffekter.....	26
5.2.2.3 Inducering av kognitiv belastning.....	26
5.3 Framtida forskning.....	27
6. Slutsats.....	28
Källförteckning.....	29
Bilagor.....	32
Bilaga A - Kod till PsyToolkit.....	32
Bilaga B - Instruktioner inför experimentet.....	35
Bilaga C - Experimentets uppgifter.....	36
Bilaga D - Samtycke till experiment.....	41
Bilaga E - Träningseffekter.....	42

1. Inledning

Världen använde mer än 2,8 zettabytes data år 2012, vilket motsvarar 2,8 triljoner gigabytes (Davenport, 2014). Denna siffra växer dessutom ständigt. Allt fler har börjat samla på denna data då det finns många fördelar med att nyttja den. Den kanske främsta fördelen är att den kan användas som beslutsunderlag för att beslut inte ska behövas tas på magkänsla. Däremot ligger den ofta oanvänd i företags databaser. För att data ska kunna användas, exempelvis till beslutsfattande, förutsätter det att den är tillgänglig, förståelig och att den inte upplevs som ett oöverstigit berg av siffror. Att hitta det relevanta i data är inte en lätt uppgift, men en viktig del i att tillgängliggöra den är att visualisera den. Detta kan göras med bland annat diagram, vilket idag är vanligt bland företag. Dock kan även diagram vara komplexa och krångliga att förstå, då det finns en tendens att vilja få med så mycket data som möjligt i visualiseringarna (Davenport, 2014).

Det är lätt att bli fast i ett försök att förstå grafer eller diagram när de påträffas i exempelvis en tidning. Detta pekar på att de som utformar diagram och verktyg för visualisering av data ofta inte har kunskap om hur vi människor tänker och att de inte placerar vår kognition som en central del i formgivningen (Kosslyn, 1989). När data ska visualiseras är det till exempel fördelaktigt att ha i åtanke att vi människor har begränsad uppmärksamhet samt begränsat minne. Våra kognitiva resurser kan därför bli överbelastade när diagrammet innehåller för mycket information (Pinker, 1990).

Frågan blir då om och hur förståelsen av diagram kan underlättas. För att undersöka detta kan man börja med att observera vad vi människor har för kognitiva begränsningar, för att kunna anpassa visualiseringen efter dessa (Ali & Peebles, 2013). Till exempel har vårt arbetsminne begränsningar när det gäller hur mycket information det kan hålla samtidigt, men även hur lång tid informationen kan hållas kvar. Detta leder till att vår uppmärksamhet inte är obegränsad. Däremot finns det kognitiva principer som kan göra det lättare för oss att dels hålla en större mängd information i arbetsminnet, och som också kan hjälpa oss att rikta uppmärksamheten mot det som är relevant (Reisberg, 2012). De kognitiva principer som används för att underlätta avläsning av diagram är i denna studie ett antal organiseringsprinciper som kallas för gestaltprinciperna. Dessa beskriver hur objekt och element grupperas (Ali & Peebles, 2013). När flera element grupperas kallas det även *chunking*. Genom *chunking* minskar den kognitiva belastningen eftersom det blir färre informationsbitar att hålla i arbetsminnet (Miller, 1956). Genom att gruppera element får de även ett säreget kännetecken vilket gör att uppmärksamheten snabbt kan riktas mot den grupp som är av intresse. Detta beror på att när det finns ett enskilt kännetecken att leta efter i en samling objekt tar sökningen ungefär lika lång tid oberoende av hur många objekt som finns i samlingen (Treisman, 1985).

Vi ämnar därför att undersöka om gestaltprinciper kan underlätta kognitiv belastning i diagramavläsning genom att jämföra svarstid för uppgifter som utförs gällande olika nätverksdiagram. Hittills har forskning kring gestaltprinciperna ofta undersökt förståelse av diagram, och den forskning som undersöker kognitiv belastning implementerar oftast inte gestaltprinciperna (Huang, Eades & Hong, 2009; Ali & Peebles, 2013; Jianu, Rusu, Hu & Taggart, 2014). Däremot finns det ännu inte så mycket forskning kring hur gestaltprinciperna

påverkar just kognitiv belastning. Vi anser därför att detta experiment kan bidra till forskningen kring visualisering av data.

1.1 Syfte

Syftet med studien är att hitta metoder som, med hjälp av kognitiva principer, kan minska kognitiv belastning. Denna uppsats avser således att undersöka om tillämpningen av gestaltprinciper på utformningen av diagram kan underlätta avläsningen, och om de underlättar ytterligare när diagrammen är olika svåra att läsa av och därmed orsakar olika hög kognitiv belastning.

1.2 Avgränsningar

För en studie som ämnar att applicera kognitiva principer på visualisering hade det varit optimalt att utveckla en egen visualiseringsteknik, eller ett eget visualiseringsverktyg. Studiens tidsomfattning tillät dock inte detta och blev därför avgränsat till befintliga visualiseringar och visualiseringsverktyg. Då det finns ett stort antal typer av visualiseringar och tekniker behövde en avgränsning göras även här. Gestaltprinciper kan appliceras på alla typer av grafer och diagram och för att avgöra vilken typ av visualisering som gestaltprinciperna bäst kunde tillämpas på jämfördes olika typer av grafer och diagram. Diagram, och speciellt nätverksdiagram, är inte lika spatials begränsade som exempelvis grafer. Därför sågs fler möjligheter till att variera utformningen av diagrammen och därmed större potential att kunna använda gestaltprinciperna på den typen av visualisering. På grund av detta utfördes experimentet med nätverksdiagram.

Vi valde att på egen hand utforma arbiträra nätverksdiagram, då vi kom fram till att detta bäst skulle avspegla vad vi ville undersöka. Nätverksdiagrammen representerade därmed ingen verklig data. Detta valdes på grund av att det endast var appliceringen av gestaltprinciper vid utformning av diagram som skulle granskas. Det som undersöktes var därmed endast förståelsen av utformningen på diagrammen, och inte förståelsen av data. För att undersöka förståelse för nätverksdiagram skulle exempelvis intervjuer kunna utföras, men på grund av tidsbegränsningen valde vi i denna studie att göra ett experiment som istället mätte svarstider.

1.3 Frågeställning och hypoteser

För vårt syfte jämförde vi i denna studie en minskning av svarstid med att nätverksdiagrammens avläsning underlättades. Vår frågeställning blir då om gestaltprinciper kan minska tiden det tar att läsa av lätta och svåra nätverksdiagram. Kring denna frågeställning fastställdes två hypoteser. Eftersom gruppering gör att det blir färre informationsbitar att hålla i minnet, och därför torde underlätta den kognitiva belastningen, ser studiens första hypotes ut som följer:

Hypotes 1: Svarstiden för uppgifterna kommer minska när gestaltprinciperna används för att gruppera noder i diagrammen.

Genom att applicera gestaltprinciper frambringas även kännetecken att söka efter i diagrammen. När det finns ett enskilt kännetecken att leta efter borde sökningen i diagrammen ta lika lång tid oberoende av hur svåra de är att läsa av, då dessa kännetecken som

gestaltprinciperna hjälper till att utforma underlättar för deltagarna att rikta uppmärksamheten rätt (Treisman, 1985). Således bör den genomsnittliga svarstiden för det svåra diagrammet där gestaltprinciper används minska till att likna de lätta diagrammens genomsnittliga svarstider. Studiens andra hypotes blir därför som följer:

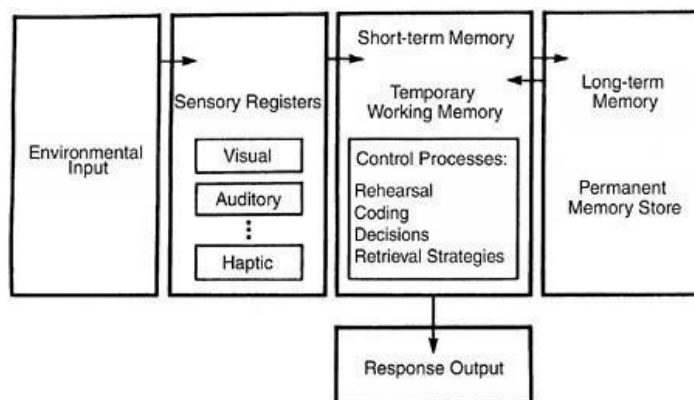
Hypotes 2: Tidsskillnaden mellan de två diagrammen i betingelse lätt kommer vara mindre än mellan de två diagrammen i betingelse svår.

2. Bakgrund

Denna bakgrund ämnar att motivera utformningen av detta experiment och klargöra varför hypoteserna fastställdes. Att vi upplever vår omvärld som vi gör beror på vår kognition och dess begränsningar (Reisberg, 2012). En av dessa begränsningar är arbetsminnets kapacitet (Baddeley, 2015a). Påfrestningen på arbetsminnet kan uppskattas genom kognitiv belastning och denna belastning kan exempelvis minskas genom att organisera perceptuella stimuli på ett visst sätt (Huang et al., 2009). Genom att organisera objekt i grupper kan arbetsminnet hålla flera av dem samtidigt (Miller, 1956). Detta kan utföras visuellt och kan även hjälpa till att rikta vår uppmärksamhet dit det är meningen att den ska riktas. När en bild är visuellt komplex kan detta göra avläsningen avsevärt lättare (Treisman, 1985).

2.1 Minnet och dess begränsningar

En modell över människans minne är Atkinson och Shiffrins (1971) *the modal model*, vilken beskriver minnet som bestående av tre delar; sensoriska minnet, korttidsminnet samt långtidsminnet (se figur 1). Information som kommer utifrån registreras först av det sensoriska minnet och den information som blir uppmärksammas passeras därefter till korttidsminnet. Till sist passeras information från korttidsminnet till långtidsminnet. Enligt denna modell ses arbetsminnet som en del av korttidsminnet (Baddeley, 2015b). Vid informationsbearbetning engageras nödvändigtvis arbetsminnet, eftersom det är där den information som för närvarande uppmärksammas bearbetas aktivt och medvetet (Reisberg, 2012). Att vi människor bara kan hantera en viss mängd information samtidigt beror på att arbetsminnet är begränsat. Detta är också anledningen till att vi inte har obegränsad uppmärksamhetskapacitet. Begränsningarna gäller mängden information som kan bearbetas samtidigt, såväl som hur länge information kan bibehållas i arbetsminnet (Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011).



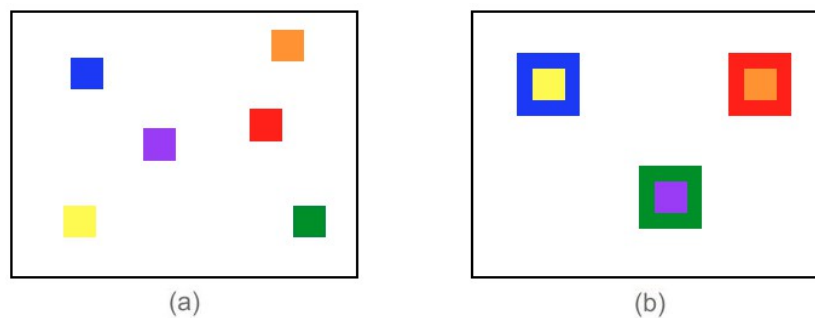
Figur 1. The modal model. Atkinson och Shiffrins modell över minnet (Atkinson & Shiffrin, 1971).

2.2 Kognitiv belastning

Den ansträngning som minnet utsätts för kan uppskattas genom att bedöma kognitiv belastning (*cognitive load*), vilket kan definieras som den mängd information arbetsminnet belastas med vid en uppgift (Van Gog & Paas, 2012). På grund av arbetsminnets begränsningar brukar den vedertagna informationsmängden en människa kan hantera sägas vara 7 ± 2 informationsbitar. Vid bearbetning av fler informationsbitar har således arbetsminnet överskridit sin kapacitet att processa dem samtidigt (Miller, 1956). En uppgift som kräver att fler än sju informationsbitar hålls i minnet samtidigt, eller som kräver att fler än sju element bearbetas samtidigt, skulle därför kunna definieras som en uppgift som orsakar hög kognitiv belastning. Ju högre kognitiv belastning som orsakas desto fler kognitiva resurser behöver allokeras till uppgiften. En uppgift med hög kognitiv belastning kräver därför större mental ansträngning (Huang et al., 2009).

2.3 Chunking

Då den mängd information som kan uppmärksammas samtidigt är cirka sju informationsbitar bör inte diagram som har för avsikt att lätt förmedla information innehålla fler än så (Kosslyn, 1989). För att underlätta en uppgift, och bättre allokera kognitiva resurser, kan flera element grupperas så att det blir färre informationsbitar. Detta kallas enligt Miller (1956) för *chunking*. Att sammanfoga ett antal element till en enda informationsbit gör att det blir lättare att hålla fler element i minnet (se figur 2) (Baddeley, 2015c). *Chunking* kan användas, vid utformning av exempelvis diagram, genom att designa grupper av element och därmed minska antalet informationsbitar (Miller, 1956).



Figur 2. Chunking. I (a) syns sex enskilda element, och eftersom de är separerade motsvarar de sex informationsbitar. I (b) är de sex elementen sammanslagna (*chunkade*) till tre grupper och bildar därför endast tre informationsbitar.

2.4 Gestaltpsykologi

I början av 1900-talet observerade ett antal tyska psykologer, vilka kallas för Gestaltpsykologerna, att vi inte upplever världen som den faktiskt är beskaffad. De menade att upplevelsen av helheter ofta inte kan förklaras med hjälp av dess individuella delar (Reisberg, 2012). Den grundläggande innebörden kan uttryckas som att upplevelsen av en helhet inte bestäms av dess individuella element, men att helheten påverkar och avgör hur delarna ses. Gestaltpsykologernas avsikt var att bestämma naturen hos dessa helheter och varför de upplevs på de sätt de gör. Deras undersökningar kom fram till ett antal typer av organiseringar, som de

kallade gestaltprinciperna, vilka påverkar perceptionen så att helheter ses snarare än att enskilda element upplevs. Principerna beskriver att vi människor som regel inte upplever flertalet stimuli som ett antal enskilda objekt (Wertheimer, 1938). För att undgå komplexitet tenderar vi att se mönster och fokusera på helheter snarare än att uppmärksamma enskilda element (Reisberg, 2012).

Helheter bestäms inte endast av hur element är organiserade utan beror även på våra erfarenheter (Wertheimer, 1938). De processer som styrs av vår erfarenhet kallas för top-down-processer. Det innebär att när vi väl lärt oss något, och därmed har det i minnet, påverkar detta vår perception. Som exempel ses de svarta områdena i figur 3 som totalt slumpmässiga vid första anblick, men när vi har lärt oss att bilden föreställer en hund kan vi inte undgå att se dalmatinern (Reisberg, 2012). Ett fenomen som kan kopplas samman med detta är det Koffka (1935) kallar *past experience*, vilket också beskriver hur vår erfarenhet påverkar hur vi ser ting.



Figur 3. Past experience. En illustration av hur top-down-processer påverkar hur en bild upplevs. När motivet är okänt ses endast slumpmässiga svarta fläckar, men när det väl är känt att det föreställer en hund är det svårt att se bilden som innan motivet blev känt (Reisberg, 2012).

2.4.1 Figure and ground

En gestaltprincip som Koffka (1935) nämner kallas för *closed contour figures*. Denna princip innebär att en linje som formar en sluten figur inte längre ses som en linje på en bakgrund, utan den sammanhängande linjen ses istället som en yta. Den yta som linjen bildar ses som en separat enhet från bakgrunden, det vill säga fältet utanför konturen. Detta kan liknas vid principen *figure and ground*, vilken kan formas på flera olika sätt. Ett sätt att forma den på är en figur som befinner sig ovanpå, eller inom konturen, av en annan figur. Koffka (1935) ger som ett exempel en bok som ligger på ett bord, där boken representerar *figure* och bordet *ground*. När detta ses ovanifrån stör inte boken den enhetliga upplevelsen av bordet trots att den del av bordet som är under boken är skymd (se figur 4). Detta är på grund av att vi vet att bordsytan existerar under boken. Koffka (1935) argumenterar för att samma sak gäller för färger. Om boken är grön och ligger på ett beige bord syns ingen beige färg där boken ligger, men trots detta ses bordet som sammanhängande.

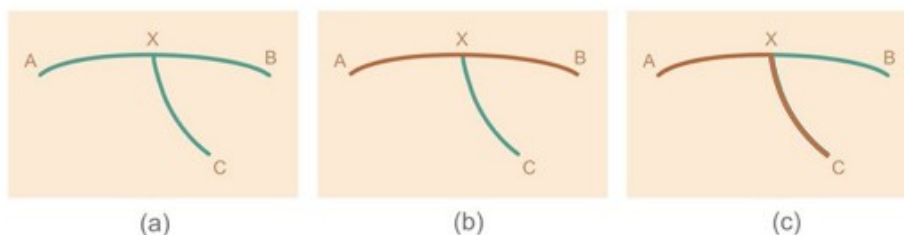


Figur 4. Figure and ground. I bilden ses den beige bakgrunden som en helhet. Den upplevs inte avbruten av figuren ovanpå utan snarare som att bakgrunden fortsätter under figuren, trots att den inte syns.

2.4.2 Prägnanz

Ett antal gestaltprinciper som skiljs från *figure and ground* kallas för *Prägnanz*, eller *Gestalt principles of perceptual organization*. Dessa förklarar hur vi människor grupperar element, beroende på hur de är organiserade, så att de ses som helheter (Wertheimer, 1938). Principerna visar med andra ord hur vår perception styrs av hur ting är organiserade och förklarar varför vi ser vår omgivning som ordnad trots komplexiteten hos de stimuli vi konstant exponeras för (Reisberg, 2012). De principer som är relevanta för just detta arbete beskrivs nedan.

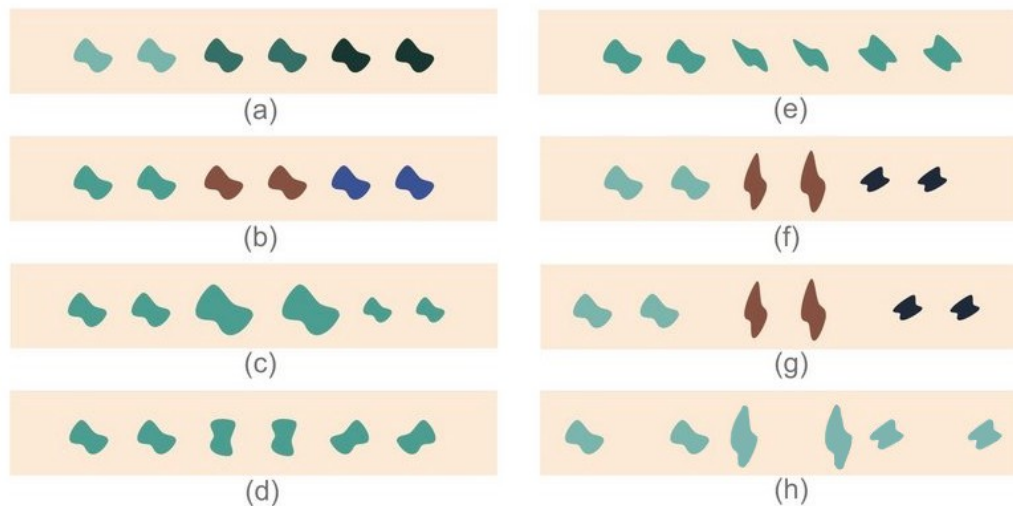
The law of good continuation innebär att objekt grupperas samman baserat på om de följer samma riktning (King & Wertheimer, 2004). En rak linje har en robust inneboende egenskap på så vis att vi människor förutsätter att den kommer fortsätta som en rak linje, och inte plötsligt ändra riktning (se figur 5). På samma sätt kommer en linje som utgör början på en ring förväntas bilda en cirkel. Detta kan även generaliseras över andra former; det förutsätts att varje form fortsätter på sitt naturliga sätt utan avbrott (Wertheimer, 1938).



Figur 5. The law of good continuation. I bild (a) ses linje A-X-B som sammanhängande, det vill säga såsom den är färgad i (b). Vi upplever inte linjen som avbruten såsom den färgade linjen (A-X-C) i (c) (omarbetad från Todorovic, 2008).

Med närhetsprincipen (*proximity*) menas att de objekt som befinner sig nära varandra tenderar att grupperas tillsammans och organiseras till en enhet. Ju fler element det finns, i exempelvis en bild, desto svårare blir det att se det som att de element som är avlägsna varandra hör ihop, medan de närliggande objekten mer sannolikt ses som att de hör samman. Detta innebär att när avståndet mellan elementen är stort kommer de inte ses som en grupp, och när avståndet är litet kommer grupperingen vara robust (Koffka, 1935).

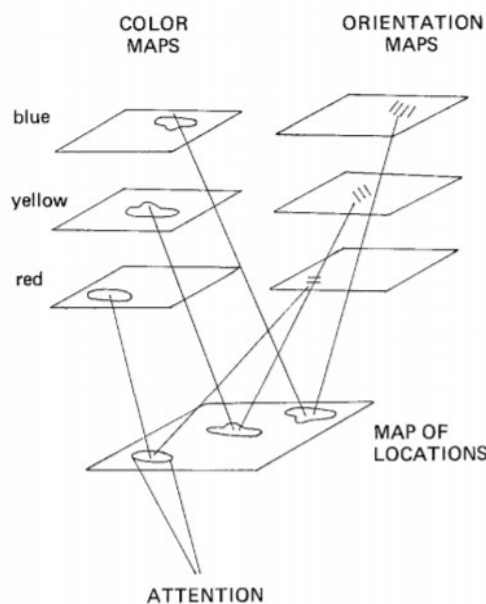
Likhetsprincipen (*similarity*) är tendensen att element som liknar varandra grupperas tillsammans. Element kan likna varandra på flera sätt, till exempel genom form eller färg, där form ses som en starkare organiseringsfaktor än färg. Närhetsprincipen dominerar till stor del över likhetsprincipen. En kombination av både färg och form gör dock att likhetsprincipen dominerar över närhetsprincipen (se figur 6) (Wertheimer, 1938).



Figur 6. Similarity och proximity. Likhetsprincipen (*similarity*) kan ta sig flera uttryck. I (a) har de element som hör samman samma ljusstyrka, i (b) har de samma färg, i (c) har de samma storlek, i (d) har de samma riktning och i (e) har de samma form. (f) illustrerar hur dessa likheter kan kombineras för att tydligt gruppera element som hör samman (samma ljusstyrka, färg, riktning och form). (g) illustrerar hur likhet kan kombineras med närhet (*proximity*) för att gruppera element. I (h) blir grupperingarna oklara eftersom likhet och närhet inte korresponderar med varandra. Enligt likhetsprincipen bör uppdelningen av elementen vara 12|34|56, men enligt närhetsprincipen bör uppdelningen vara 1|23|45|6. Närhet dominerar dock över likhet i detta fall och de element som ses som att de hör samman är därför 1|23|45|6 (omarbetad från Todorovic, 2008).

2.5 Feature integration theory och preattentive processing

Studier har visat att människor snabbt kan hitta ett objekt i en bild när de endast behöver leta efter ett enskilt kännetecken, vilket förklaras av *feature integration theory*. Denna teori beskriver hur perceptuella objekt selekteras och hur de olika kännetecken (som exempelvis färg och form) ett objekt innehar binds ihop till en upplevd helhet (Reisberg, 2012). Enligt denna teori processas kännetecken parallellt, innan objekten i fråga blir medvetet uppmärksammade, och detta kallar Treisman (1985) *preattentive processing*. Vid *preattentive processing* registreras enkla kännetecken såsom den gruppering som sker vid *figure and ground*. Denna gruppering sker utan ansträngning och utan att granska distinkta element i det visuella fältet. Det är den första parsningen av världen till objekt och bakgrunder och denna initiala process blir enkel när den är baserad på enkla egenskaper som färg. Som illustreras i figur 7 innebär detta exempelvis att färg i en bild processas parallellt (i *color maps*) med de riktningar den innehåller (i *orientation maps*). De kännetecken som processats parallellt sammanförs först när de enskilda objekten blir medvetet uppmärksammade (i *map of locations*). Om det är flera objekt som delar kännetecken med ett objekt som söks behöver flera kännetecken först sammanföras, och de olika objekten uppmärksammas, vid sökningen (Treisman, 1985). När det är flera kännetecken att leta efter ökar tiden det tar att hitta ett visst objekt linjärt med antalet objekt att leta bland (Reisberg, 2012). Om ett objekt däremot har ett säregnet kännetecken, som inte delas av de andra objekten, kan det genom parallellt processande upptäckas innan de enskilda objekten uppmärksammas. Det särskilda kännetecknet gör att ett objekt utmärker sig, och blir lätt att hitta, oavsett hur många objekt det är att leta bland. Objektet i fråga kan till exempel vara det enda som är rött av en mängd blåa objekt, och *color maps* blir då den enda "kartan" som processas (Treisman, 1985).



Figur 7. Feature integration theory. En illustration av Treismans teori om hur objekts olika kännetecken sammanförs. I figuren syns hur färg processas parallellt med riktningen på objekt vid *preattentive processing*. När den spatiala positionen för objektet uppmärksammas förenas dessa kännetecken (Treisman, 1985).

Vid överbelastad uppmärksamhet binds kännetecken ofta samman fel. Att binda samman kännetecken fel kan till exempel innebära att en kvadrat erinras som röd och en triangel som gul, när det egentligen var kvadraten som var gul och triangeln röd. Om belastningen på uppmärksamheten, och därmed arbetsminnet, minskas görs färre fel när objekt ska identifieras (Reisberg, 2012).

2.6 Visual clutter och visuell komplexitet

Om en bild innehåller många objekt kan den sägas vara kompakt, och att hitta ett specifikt objekt i en sådan bild blir svårt. Ju fler detaljer och förvecklingar en bild innehåller desto rörigare blir den, vilket Pieters, Wedel och Batra (2010) kallar för *visual clutter*. Därmed tar det längre tid att hitta enskilda objekt i en sådan bild. Detta beror dels på att *visual clutter* ökar den kognitiva belastningen, men även att kompakt arrangerade element distraherar eller förhindrar att ett objekt uppmärksammas under en längre stund. *Visual clutter* och mängden element i en bild är tätt förenade med begreppet visuell komplexitet. Visuell komplexitet är ett begrepp där det är svårt att hitta en objektiv definition men en bild kan sägas vara mer komplex ju mer *visual clutter* den innehåller (Pieters et al., 2010). Komplexiteten i en bild ökar således när antalet element ökar (Heylighen, 1997).

Harper, Michailidou och Stevens (2009) har använt visuell komplexitet som en implicit uppskattning av kognitiv belastning; ju högre visuell komplexitet en bild har desto mer ökar den kognitiva belastningen. Följaktligen tar en uppgift längre tid ju mer komplex bilden är. Den kognitiva belastningen, och därmed den mentala ansträngningen, kan reduceras genom att minska den visuella komplexiteten (Harper et al., 2009). Exempelvis kan den visuella komplexiteten minskas genom att minska antalet element i en bild och därmed göra den mindre rörig (Pieters et al., 2010). Den visuella komplexiteten kan även minskas genom att gruppera

(*chunka*) element då det leder till färre informationsbitar (Miller, 1956). Genom att *chunka* blir det även enklare att rikta uppmärksamheten mot grupper snarare än mot enskilda element. Då människor har begränsad uppmärksamhet kan den mentala ansträngningen minskas genom att rikta uppmärksamheten med hjälp av unika kännetecken (Sweller et al., 2011).

2.7 Diagram

Diagram är grafiska framställningar som förklarar relationer; siffermässiga samband och funktionssamband mellan olika variabler ("Diagram", u.å.). Nätverksdiagram är en typ av diagram, vilka använder sig av noder och länkar för att visualisera sådana relationer (Saket, Simonetto, Kobourov & Börner, 2014a). Kosslyn (1989) definierar diagram som schematiska bilder av objekt eller element. Dessa element, eller grundläggande delar, av ett diagram kan också kallas för *basic level graphic constituents*. Eftersom dessa element bland annat inkluderar linjer, noder, textförklaringar och bakgrund kan det finnas ett stort antal *basic level graphic constituents* i ett diagram (Kosslyn, 1989). Ju större och mer komplext dataset ett diagram ska visualisera desto mer visuellt komplexa har diagrammen en tendens att bli. Många diagram innehåller därför fler än sju informationsbitar och om de ska hållas i arbetsminnet eller bearbetas samtidigt kan de sägas orsaka hög kognitiv belastning. På grund av detta kan våra kognitiva resurser bli överbelastade, även vid diagramavläsning, och därmed kräva hög mental ansträngning (Huang et al., 2009). Denna ansträngning kan minskas genom att göra diagram enklare att läsa av med hjälp av tekniker som grupperar (*chunking*) (Luck & Vogel, 1997). gestaltprinciperna har stor inverkan på hur vi grupperar element och hur vi tyder helheter och relationer. Genom att använda oss av denna vetenskap, hur principerna påverkar vår perception och därigenom vår tolkning av stimuli, kan vi utforma diagram som stämmer överens med dessa (Ali & Peebles, 2013). Shah, Mayer och Hegarty (1999) har exempelvis demonstrerat hur en korrekt användning av gestaltprinciperna kan förbättra tolkningen av statistiska grafer.

3. Metod

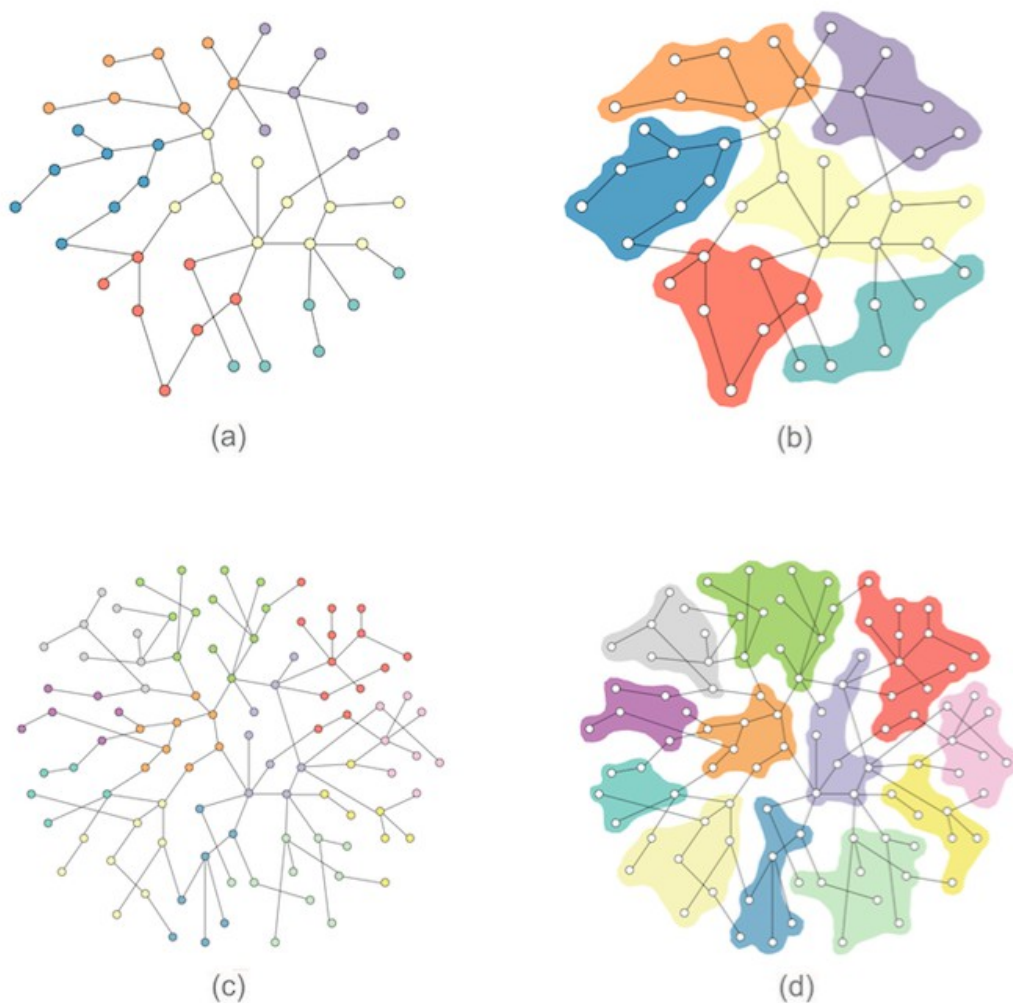
För att jämföra gestaltprincipernas inverkan på lätta respektive svåra diagram mättes tiden det tog att utföra ett antal uppgifter beträffande fyra olika utformade nätverksdiagram, vilka vardera representerade en betingelse. Totalt besvarade varje deltagare 28 uppgifter, sju för vardera betingelse. För varje uppgift gavs fyra möjliga svarsalternativ, varav ett var korrekt. Två av betingelserna benämns härnäst som Icke Gestalt och två som Gestalt. Detta betyder inte att de betingelser som kallas Icke Gestalt inte tillämpade några gestaltprinciper alls. Det innebär endast att principerna inte tillämpades i samma utsträckning som i de betingelser som betecknas Gestalt. Anledningen till detta är att det skulle vara i det närmaste omöjligt att utforma diagram utan att tillämpa några gestaltprinciper alls (se avsnitt 5.2.1).

3.1 Utformning av diagram

För att utforma grupperna i diagrammen användes principen om närhet då de noder som grupperades var de som låg närmast varandra. Noderna grupperades i sex grupper i de lätta diagrammen och i tolv grupper i de svåra diagrammen. Noderna kopplades samman genom

länkar som visades som ett streck mellan dem. I de betingelser som inte applicerade gestaltprinciper grupperades noderna genom att färga noderna som tillhörde samma grupp i samma färg. I betingelserna med gestaltprinciper markerades dessa grupper istället med en yta med samma färg bakom noderna. För att utforma markeringarna användes gestaltprincipen *law of good continuation* då markeringarnas konturer gjordes jämna utan tvära avbrott.

För den första betingelsen (Lätt/Icke Gestalt) utformades ett diagram som avsågs vara lätt att läsa av. I denna betingelse fick de noder som tillhörde samma grupp samma färg (se figur 8a). Den andra betingelsen (Lätt/Gestalt) bestod av ett likadant diagram men noderna tillhörande samma grupp fick här en färgad markering runt om (se figur 8b). Tredje betingelsen (Svår/Icke Gestalt) var ett diagram som hade för avsikt att vara svårt att läsa av. I detta diagram grupperades noderna genom att ge dem samma färg (se figur 8c). Detta diagram användes även för den fjärde betingelsen (Svår/Gestalt) med skillnaden att noderna grupperades med en markering (se figur 8d). För att diagrammen skulle vara lika och jämförbara utformades de lätta diagrammen genom att ta ett urklipp ur de svåra diagrammen.



Figur 8. Nätverksdiagram. De fyra nätverksdiagrammen som utformades för experimentet. (a) är diagrammet för betingelse Lätt/Icke Gestalt, (b) är diagrammet för betingelse Lätt/Gestalt, (c) är diagrammet för betingelse Svår/Icke Gestalt och (d) är diagrammet för betingelse Svår/Gestalt.

Sex respektive tolv färger användes till grupperna i de lätta respektive svåra diagrammen. Dessa valdes med hjälp av ColorBrewer 2.0 vilket är ett onlineverktyg som föreslår lämpliga färger beroende på hur många klasser av data som ska färgläggas och vilken typ av färgschema som bäst passar den (Harrower & Brewer, 2003). Färgschemat som användes togs från kategorin *qualitative schemas* (kvalitativa färgscheman) och underkategorin *Set3*. Harrower och Brewer (2003) beskriver att kvalitativa färgscheman i ColorBrewer inte klassificerar en rangordning, utan endast en skillnad, mellan olika dataklasser. Då diagrammen i experimentet inte innehöll någon grupp som var av högre rang än någon annan valdes färger från denna kategori.

De lätta diagrammen innehöll 50 noder vardera och de svåra diagrammen innehöll 100 noder vardera. Detta för att diagrammen skulle ha olika kompaktitet och därmed inneha olika hög visuell komplexitet. Ett annat sätt att jämföra diagram på är genom att beräkna deras densitet. Ett diagrams densitet skiljer sig alltså från hur kompakt och visuellt komplext ett diagram är. Densiteten räknades ut genom att ta det faktiska antalet länkar dividerat med antalet möjliga länkar (Frye, 2017). Den beräknades till 3,8% för de lätta diagrammen, och 2,1% för de svåra diagrammen. För syftet med vår studie ville vi skapa diagram med olika kompaktitet och visuell komplexitet, men med liknande densitet.

3.2 Deltagare

Experimentet hade totalt 30 deltagare i åldersspannet 23-60 år ($M = 32$, Typvärde = 24). Totalt deltog 10 kvinnor, 19 män samt en deltagare som uppgav "Annat" i enkäten. Det tog i genomsnitt 8,26 minuter för deltagarna att genomföra experimentet. Ingen av deltagarna översteg den övre tidsgränsen för en uppgift, vilken var tio minuter. Då det var en stor del av studien att identifiera färger frågades deltagarna i enkäten om de hade nedsatt färgseende, men det var ingen som uppgav att de hade problem med färgseendet. Experimentet var en onlinestudie och delades via sociala medier av författarna. De som hade tillgång till länken kunde också delta i studien, och kan därför ses som ett bekvämlighetsurval.

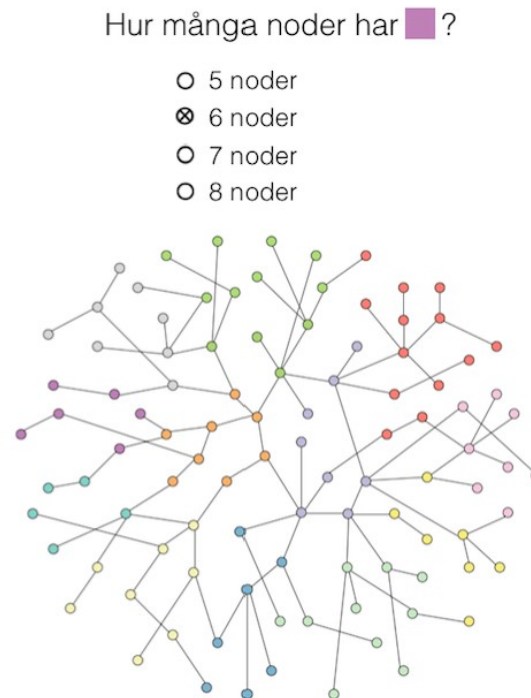
3.3 Material

Vid utformningen av diagrammen och för att skapa bilder med frågor användes Keynote (version 6.6.2). ColorBrewer 2.0 användes sedan för att generera färger till diagrammen (<http://www.colorbrewer2.org>). För att konstruera experimentet användes onlineverktyget PsyToolkit (version 2.3.0) (<http://www.psyt toolkit.org>). Då det konstruerades som en onlinestudie utförde varje deltagare experimentet vid en dator. För att analysera dessa data användes programmet SPSS (version 24).

3.3.1 PsyToolkit

Experimentet konstruerades i onlineverktyget PsyToolkit, vilket är en resurs som utarbetats speciellt för att skapa psykologiska experiment (Stoet, 2017). PsyToolkit har ett simpelt programmeringsspråk som är specifikt utformat för verktyget i fråga. De 28 bilder som utformats i Keynote, en bild för varje fråga och betingelse, importerades i verktyget. Det programmerades att varje bild skulle visas en gång, en i taget, i randomiserad ordning. Varje diagram kunde visas i högst tio minuter, vilket innebar att om deltagarna inte svarade inom den tiden visades

automatiskt nästa bild. Fyra klickbara cirklar placerades bredvid de fyra valbara svarsalternativen. När en cirkel blivit klickad visades ett kryss i cirkeln (se figur 9), och en paus på två sekunder följde innan nästa diagram visades. När koden var klar (se bilaga A) bäddades det in i en *survey* (enkät) i PsyToolkit. Instruktionerna till experimentet bifogades i denna enkät (se bilaga B). Därefter kunde länken delas via internet.



Figur 9. Exempel på uppgift med svarsalternativ. Ett exempel på en av bilderna som visades i experimentet. Bilden visar en fråga med tillhörande svarsalternativ för betingelse Svår/Icke Gestalt.

3.4 Experimentdesign

Experimentet utformades som en komplett inomgruppsdesign med två oberoende variabler, där den ena oberoende variabeln var svårighetsgraden på diagrammen och den andra oberoende variabeln var användning av gestaltprinciper i diagrammen. Den första nivån för faktorn svårighetsgrad var lätta diagram och den andra nivån var svåra diagram. För den andra faktorn var den första nivån de diagram där gestaltprinciperna inte användes och den andra nivån diagrammen där gestaltprinciperna användes. Detta innebar att det totalt fanns fyra betingelser: Lätt/Icke Gestalt, Lätt/Gestalt, Svår/Icke Gestalt samt Svår/Gestalt. Den beroende variabeln som mättes var tiden det tog att besvara frågorna, vilken mättes i millisekunder. Experimentet balanserades genom att betingelserna med tillhörande frågor kom i randomiserad ordning. Frågorna balanserades inte genom blockrandomisering då detta var svårare att implementera i PsyToolkit, och bedömningen gjordes att det var tillräckligt många frågor för att detta inte skulle vara ett problem.

3.4.1 Val av frågor

För varje betingelse ställdes sju olika frågor, vilka valdes från en utarbetad taxonomi för frågor gällande grupper i nätverksdiagram (Saket, Simonetto & Kobourov, 2014b). Då taxonomin var på engelska översattes frågorna till svenska. De sju frågorna för varje betingelse motsvarade varandra i svårighetsgrad och den balanserades därför mellan de fyra betingelserna (se bilaga C).

3.5 Procedur

Innan huvudstudien påbörjades utfördes en pilotstudie med sex deltagare, varefter ändringar i form av byte av frågor, andra frågeformuleringar och tydligare instruktioner gjordes. Inför experimentet fick samtliga deltagare samma instruktioner (se bilaga D). De fick veta att det var en studie gällande visualisering av data, att de var anonyma och de behövde ge samtycke till att de ville delta. Experimentet genomfördes i helskränsläge och för att allt på skärmen tydligt skulle synas rekommenderades deltagarna att inte göra experimentet på en skärm mindre än 13". Deltagarna fick även instruktioner om att det inte fanns någon övre tidsgräns för att besvara frågorna, men att de skulle besvaras direkt efter varandra.

När deltagarna givit samtycke till att de ville delta följde frågor där de ombads fylla i sin ålder och uppge om de hade nedsatt färgseende. Därefter fick de vidare instruktioner och förklaringar om vad de förväntades göra under själva experimentet. När de läst igenom dessa instruktioner kunde de påbörja experimentet.

Under experimentet visades en bild (ett diagram med tillhörande fråga och dess fyra svarsalternativ) i taget. Frågorna och svarsalternativen visades ovanför diagrammen och alla de fyra svarsalternativen hade en klickbar cirkel bredvid sig. Endast ett av de fyra svarsalternativen var korrekt. När deltagarna klickat i ett svarsalternativ ändrades den tomma cirkeln till en cirkel med ett kryss för att ge deltagarna återkoppling på att de hade besvarat frågan (se figur 9). Därefter följde en paus på två sekunder, där skärmen blev svart, innan nästa diagram och fråga visades. Efter att alla 28 frågor besvarats avslutades experimentet och deltagarna tackades för sin medverkan.

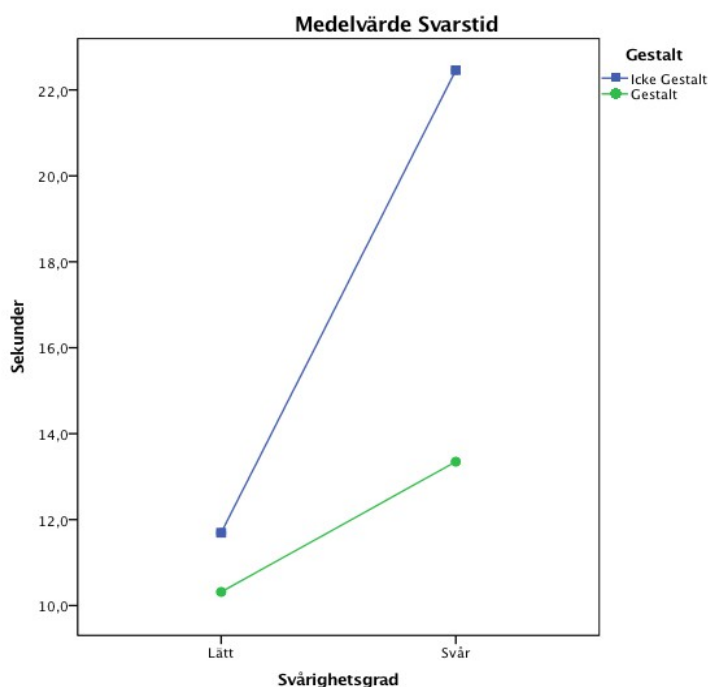
3.5.1 Databehandling

För att kontrollera att tiden inte minskade på ett systematiskt sätt gjordes linjediagram över pilotstudiens svarstider (se bilaga E). När huvudstudien påbörjades loggades data från varje deltagare i PsyToolkit och när 30 deltagare hade genomfört experimentet exporterades informationen till Excel. Där granskades och rensades vår data från extremvärden. Fyra svarstider ansågs som extremvärden då de låg fem sekunder eller mer från den huvudsakliga massan av svarstider (se avsnitt 5.1.3). Dessa värden togs därför bort innan analys. Även de frågor som inte besvarades korrekt togs bort inför analysen (se avsnitt 5.1.3). Ett medelvärde av varje deltagares svarstid på respektive betingelse beräknades och dessa värden analyserades sedan i SPSS med hjälp av en tvåvägs-ANOVA. Skillnaderna i svarstid mellan de lätta diagrammen samt de svåra diagrammen räknades också ut för respektive deltagare. Ett beroende *t*-test gjordes därefter på dessa värden.

4. Resultat

Från en tvåvägs inomgrupps-ANOVA fastställdes effekten av svårighetsgrad på diagram och appliceringen av gestaltprinciper på svarstid (se figur 10). Det fanns en signifikant interaktionseffekt mellan svårighetsgraden på diagrammen och om gestaltprinciper tillämpats eller inte, $F(1, 29) = 37,870$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,566$. Vidare undersöktes därför enkla huvudeffekter, där det hittades en statistiskt signifikant skillnad mellan det svåra diagrammet ($M = 22,46$ sekunder, $SD = 7,22$ sekunder) och det lätta diagrammet ($M = 11,70$ sekunder, $SD = 3,26$ sekunder) där gestaltprinciper inte användes, $F(1, 29) = 82,973$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,741$, där den genomsnittliga skillnaden var 10,77 sekunder, 95% CI [8,35, 13,18]. Det hittades även en statistiskt signifikant skillnad mellan det svåra diagrammet ($M = 13,35$ sekunder, $SD = 3,76$ sekunder) och det lätta diagrammet ($M = 10,32$ sekunder, $SD = 3,32$ sekunder) där gestaltprinciper applicerades, $F(1, 29) = 43,417$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,600$, med en genomsnittlig skillnad på 3,03 sekunder, 95% CI [2,09, 3,97].

En enkel huvudeffekt fanns även mellan det diagram där gestaltprinciperna inte användes ($M = 11,70$ sekunder, $SD = 3,26$ sekunder) och det diagram där gestaltprinciper applicerades ($M = 10,32$ sekunder, $SD = 3,32$ sekunder) för svårighetsgrad lätt, $F(1, 29) = 14,852$, $p = 0,001$, $\eta_p^2 = 0,339$, med en genomsnittlig skillnad på 1,38 sekunder, 95% CI [0,65, 2,11]. Till sist hittades också en statistiskt signifikant skillnad mellan det diagram där gestaltprinciper inte användes ($M = 22,46$ sekunder, $SD = 7,22$ sekunder) och det diagram där gestaltprinciper användes ($M = 13,35$ sekunder, $SD = 3,76$ sekunder) för den svåra svårighetsgraden, $F(1, 29) = 64,048$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,688$, med en genomsnittlig skillnad på 9,11 sekunder, 95% CI [6,78, 11,44].



Figur 10. Medelvärden. Medelvärden för svarstid på uppgifterna för de fyra betingelserna: Lätt/Icke Gestalt ($M = 11,70$ sekunder), Lätt/Gestalt ($M = 10,32$ sekunder), Svår/Icke Gestalt ($M = 22,46$ sekunder) samt Svår/Gestalt ($M = 13,35$ sekunder).

4.1 Gestaltprincipernas effekt på svarstid

Det fanns en statistiskt signifikant skillnad i svarstid för uppgifterna mellan de betingelser där gestaltprinciperna användes och där de inte användes, $F(1, 29) = 86,763$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,749$, där genomsnittsskillnaden i svarstid var 5,25 sekunder, 95% CI [4,09, 6,40]. Uppgifterna tog i genomsnitt kortare tid att utföra för de betingelser som tillämpade gestaltprinciper ($M = 11,83$ sekunder, $SD = 0,61$ sekunder) än för de betingelser som inte tillämpade gestaltprinciper ($M = 17,08$ sekunder, $SD = 0,83$ sekunder). Den första hypotesen att svarstiden för uppgifterna skulle minska när gestaltprinciperna användes i diagrammen fick alltså stöd.

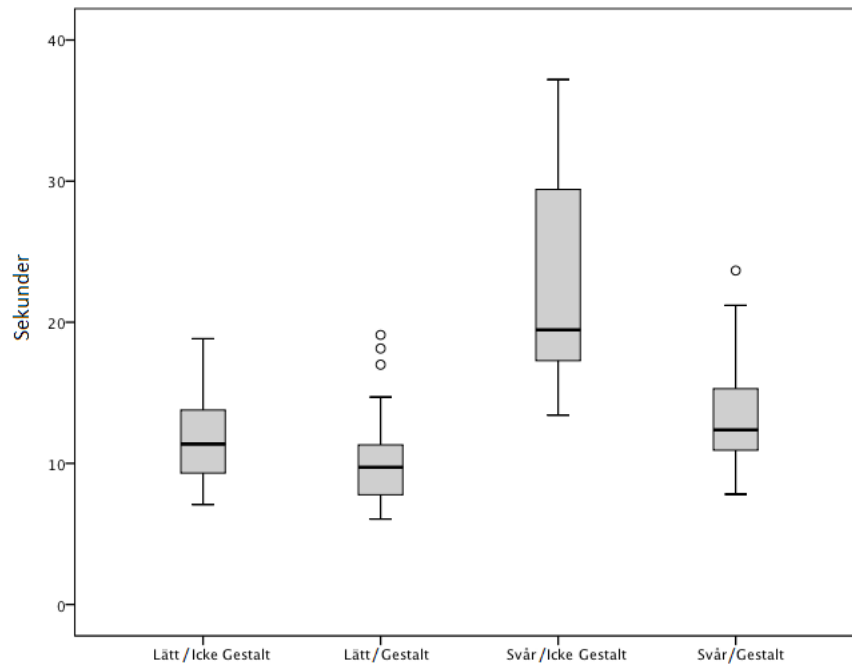
4.2 Svårighetsgradernas effekt på svarstid

Svårighetsgraden på diagrammen hade också en inverkan på svarstiden, $F(1, 29) = 116,295$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,800$, där genomsnittsskillnaden var 6,90 sekunder, 95% CI [5,59, 8,21]. De lätta diagrammen hade i genomsnitt kortare svarstid för uppgifterna ($M = 11,01$ sekunder, $SD = 0,57$ sekunder) än de svåra diagrammen ($M = 17,90$ sekunder, $SD = 0,88$ sekunder).

Även den andra hypotesen om att skillnaden i svarstid skulle vara mindre mellan de lätta diagrammen än mellan de svåra fick stöd. Skillnaden mellan de båda lätta diagrammens medelvärden var 1,38 sekunder ($SD = 1,96$ sekunder), medan skillnaden mellan de båda svåra diagrammens medelvärden var 9,11 sekunder ($SD = 6,24$ sekunder). Ett beroende t -test gjordes på dessa värden där skillnaden mellan de lätta diagrammen och de svåra diagrammen var statistiskt signifikant, $t(29) = 6,154$, $p < 0,001$, $d = 1,12$. Svårighetsgraden hade alltså en stor effekt på svarstidsskillnaderna.

4.3 Spridningsmått

Låddiagrammen i figur 11 visar de olika betingelsernas spridningsmått. Variationsvidden för betingelserna var 11,8 sekunder för Lätt/Icke Gestalt, 13,0 sekunder för Lätt/Gestalt, 23,8 sekunder för Svår/Icke Gestalt samt 15,9 sekunder för Svår/Gestalt. Betingelse Svår/Icke Gestalt hade även i genomsnitt den längsta svarstiden, och det var också för denna betingelse som flest fel begicks. Antal fel för betingelse Svår/Icke Gestalt var totalt 24, i betingelse Lätt/Icke Gestalt gjordes 9 fel, 5 fel för betingelse Lätt/Gestalt och 7 fel för betingelse Svår/Gestalt.



Figur 11. Låddiagram. Spridningsmått för de fyra betingelserna. *Median* - Lätt/Icke Gestalt: 11,37 sekunder, Lätt/Gestalt: 9,73 sekunder, Svår/Icke Gestalt: 19,47 sekunder samt Svår/Gestalt: 12,38 sekunder. *Variationsvidd* - Lätt/Icke Gestalt: 11,8 sekunder, Lätt/Gestalt: 13,0 sekunder, Svår/Icke Gestalt: 23,8 sekunder samt Svår/Gestalt: 15,9 sekunder.

5. Diskussion

För denna uppsats genomfördes ett experiment med två oberoende variabler med två nivåer vardera för att undersöka om appliceringen av gestaltprinciper påverkar avläsningen av lättlästa och svårlästa diagram. Detta undersöktes genom att deltagarna utförde ett antal uppgifter gällande fyra olika nätverksdiagram. Resultatet visade att svarstiden för uppgifterna skiljde sig åt beroende på om gestaltprinciperna användes eller inte i diagrammen. Hypotesen att svarstiden kommer att minska när gestaltprinciperna används i diagrammen fick alltså stöd. Svarstiden skiljde sig även åt beroende på om diagrammen var lätta eller svåra att läsa av. Det visade sig dessutom att gestaltprinciperna hade en större effekt på svarstiden om diagrammet var svårt att läsa av. Hypotesen att skillnaden i svarstid skulle vara mindre mellan de lätta diagrammen än mellan de svåra fick därmed också stöd.

5.1 Diskussion kring resultat

Syftet med detta experiment var att undersöka om gestaltprinciperna kunde underlätta avläsning av nätverksdiagram. Våra resultat indikerar att de gör det, och att de med fördel kan användas vid utformningen av nätverksdiagram.

5.1.1 Gestaltprincipernas inverkan

Att svarstiden för uppgifterna minskade när gestaltprinciperna applicerades på diagrammen kan bero på att noderna grupperades enklare när de hade en tydlig bakomliggande markering. Genom att visuellt gruppera noder med en markering *chunkades* dem, vilket medförde färre

informationsbitar att hålla i arbetsminnet (Shah & Freedman, 2009). När antalet informationsbitar minskas genom gruppering minskar även *visual clutter* och därmed den visuella komplexiteten (Pieters et al., 2010), vilket var vad vi ville åstadkomma för att minska den mentala ansträngningen.

Detta resultat kan alltså kopplas till att det blir färre informationsbitar att hålla i arbetsminnet, men det kan även kopplas till att uppmärksamheten lättare riktas mot den relevanta gruppen. Dessa markeringar bör ha gjort att noderna sågs som figurer mot en markerad bakgrund. Att det markerade området sågs som en bakgrund hade effekten att de noder som var inom det markerade området grupperades och sågs som en helhet. Detta kan kopplas till gestaltprincipen *figure and ground* där markeringen blir *ground* (Koffka, 1935). Vid en sådan organisering behöver de enskilda elementen inte urskiljas för att det ska synas vilken grupp de tillhör. Eftersom det blir ett enda kännetecken att leta efter, det vill säga en markering med en specifik färg, kan grupperna hittas genom *preattentive processing*. Detta torde ha riktat uppmärksamheten snabbare och gjort att arbetsminnet blev mindre belastat i betingelserna med markeringar, vilket återigen medför mindre mental ansträngning (Treisman, 1985). Eftersom överbelastad uppmärksamhet kan göra att kännetecken binds samman fel borde dessutom färre misstag göras när objekt ska identifieras (Reisberg, 2012). Detta resultat visar att gestaltprinciperna kan brukas för att lättare förmedla information i diagram. Däremot låg medelvärdena för svarstiderna för de båda lätta diagrammen nära varandra. Detta torde innebära att deltagarna upplevde grupperna som helheter även i det lätta diagrammet där gestaltprinciper användes i mindre utsträckning.

5.1.2 Svårighetsgradens inverkan

Även hypotes två fick stöd och visade att tidsskillnaden mellan de två betingelserna Lätt/Icke Gestalt och Lätt/Gestalt var mindre än mellan de två betingelserna Svår/Icke Gestalt och Svår/Gestalt. Detta antydde att gestaltprinciperna hade större inverkan på avläsning av diagram om diagrammet var svårt att läsa av. Då de lätta diagrammen endast innehöll sex grupper borde det ha varit möjligt att hålla dem i arbetsminnet samtidigt oavsett om gestaltprinciperna användes eller inte. Våra resultat pekar på att detta stämmer då medelvärdena i svarstid för de två lätta diagrammen inte skiljde sig markant (medelvärdet var 11,70 sekunder för Lätt/Icke Gestalt respektive 10,32 sekunder för Lätt/Gestalt). Då grupperna samtidigt kunde hållas i arbetsminnet borde de i det lätta diagrammet ha upplevts som helheter (snarare än att noderna upplevdes som enskilda element) även när gestaltprinciperna inte brukades (Miller, 1956). Trots att skillnaden i medelvärdena för de två lätta diagrammen inte var stor fanns det en skillnad. Att svarstiden i genomsnitt var kortare för det lätta diagrammet med applicerade gestaltprinciper tyder på att sökningen görs lättare genom en sammanhängande markering med en viss färg eftersom det gör att gruppen sticker ut. Genom *preattentive processing* kan en viss grupp upptäckas fortare då uppmärksamheten riktas snabbare när gruppen har en markering. Detta beror på att det inte är flera kännetecken som behöver sammanföras utan gruppens markering kan hittas endast genom att leta efter dess färg (Treisman, 1985).

De svåra diagrammen innehöll å andra sidan dubbelt så många informationsbitar som de lätta och krävde således större mental ansträngning. De innehöll tolv grupper, vilka inte kan

hållas i arbetsminnet samtidigt, och därför bör det ha varit svårt att uppleva grupperna som helheter när gestaltprinciper inte användes (Baddeley, 2015a). Markeringarna med specifika färger hjälpte dock till att rikta uppmärksamheten och gjorde större skillnad i svarstiden för de svåra diagrammen än när diagrammen var mindre visuellt komplexa. Även dessa resultat kan kopplas till *preattentive processing*. När ett objekt kan hittas genom att leta efter ett säregt kännetecken visar studier att storleken på ett dataset inte har någon inverkan på hur lång tid det tar att hitta objektet (Treisman, 1985). Våra resultat stödjer detta påstående då den genomsnittliga svarstiden för betingelse Lätt/Icke Gestalt, Lätt/Gestalt och Svår/Gestalt var lika (11,70 sekunder, 10,32 sekunder respektive 13,35 sekunder), medan svarstiden för betingelse Svår/Icke Gestalt var avsevärt längre (22,46 sekunder). Det var inte bara i den genomsnittliga svarstiden som betingelse Svår/Icke Gestalt utmärkte sig; av totalt 45 fel gjordes 24 av felen på denna betingelse vilket antyder att detta diagram var särskilt svårt att läsa av. Dessa fel räknades dock inte med i resultatet, utan togs bort innan analysen genomfördes, eftersom svarstiderna för de uppgifter där fel svar angavs inte ansågs representativa. När uppgifterna besvarades rätt utfördes de troligtvis korrekt, vilket antyder att deltagaren uppmärksammade experimentet på ett önskvärt sätt. När fel svar angavs kan däremot inte detta förutsättas.

Ytterligare ett mått på hur väl det hjälpte att applicera en markering för att gruppera noderna var variationsvidden för betingelserna. Skillnaden i variationsvidd för betingelserna Lätt/Icke Gestalt, Lätt/Gestalt och Svår/Gestalt var ringa (11,8 sekunder, 13,0 sekunder respektive 15,9 sekunder) medan variationsvidden för Svår/Icke Gestalt var markant större (23,8 sekunder). Dessa resultat visar att gestaltprinciper speciellt borde appliceras på diagram som är svåra att läsa av, då det är vid hög visuell komplexitet som ett säregt kännetecken är som effektivast när information ska förmedlas (Reisberg, 2012).

5.1.3 Allmän diskussion kring resultat

Det fanns även en statistisk signifikans mellan de lätta och de svåra diagrammens svarstider för uppgifterna, där de lätta diagrammens svarstider i genomsnitt var kortare. Detta indikerar att diagram inte bör utformas så att de är visuellt komplexa, utan på ett sätt som är lätt att läsa av. Det är ett föga förvånande resultat och ställdes därför inte upp som hypotes.

Fyra svarstider användes inte i den slutliga analysen då dessa betraktades som extremvärden. De bedömdes som extremvärden på grund av att de låg fem sekunder eller mer från den närmaste svarstiden i den huvudsakliga massan av svarstider. Fem sekunder var i denna studie en relativt lång tid jämfört med medelvärdet för exempelvis betingelse Lätt/Icke Gestalt, vilket var 11,70 sekunder. Fem sekunder var i detta fall ungefär hälften av den tid det tog att svara på en uppgift. Detta var motiveringen till varför svarstider som låg fem sekunder eller mer utanför den huvudsakliga massan av svarstider sågs som extrema värden.

5.2 Diskussion kring design och genomförande

Både diagrammen och experimentet kunde ha utformats på andra sätt än vad som faktiskt valdes i denna studie. En diskussion kring vad detta kan ha inneburit för våra resultat förs nedan.

5.2.1 Diagrammens utformning

I enlighet med närhetsprincipen grupperades de noder som låg närmast varandra, då det inte är intuitivt att gruppera noderna om de ligger långt ifrån varandra. De markeringar som utformades för betingelserna med applicerade gestaltprinciper följde också *the law of good continuation* då konturerna till markeringarna var regelbundna och oavbrutna. Noderna inom den jämna och följsamma konturen ses då som en grupp. Genom att till exempel variera formerna på noderna, så att de noder som tillhörde samma grupp hade samma form, hade likhetsprincipen kunnat användas i större utsträckning. Liknande hade kunnat göras för storlek så att olika grupper hade haft olika storlek på noderna (Wertheimer, 1938). Vi valde att inte göra detta då nätverksdiagram vanligtvis inte använder dessa typer av utformningar. Vi ville dessutom förhindra i största möjliga mån att det var vissa noder, eller en viss grupp, som utmärkte sig mer än några/någon annan. Detta hade varit svårt att kontrollera för om form och/eller storlek hade varierats. De deltagare som var med i studien hade sannolikt olika stor erfarenhet av att läsa av diagram. Detta innebär att gestaltprincipen om *past experience* i viss mån var verksam, och att avläsningen av diagrammen därför påverkades av deltagarnas tidigare erfarenhet av diagram (Koffka, 1935). Om en deltagare har stor erfarenhet av att läsa av nätverksdiagram kan denna deltagare ha lärt sig hur dessa lättast läses av. Detta skulle kunna vara orsaken till att variationsvidden var stor för betingelserna.

Diagrammen som utformades till experimentet var två diagram som inte representerade några verkliga data. Då vi endast ville undersöka om gestaltprinciperna kan nyttjas vid utformningen av nätverksdiagram, och för att kunna kontrollera att diagrammen var lika och jämförbara, valde vi att utforma två arbiträra diagram som inte visade verklig data. Densiteten för diagrammen beräknades till 3,8% för de lätta respektive 2,1% för de svåra (Frye, 2017). Eftersom detta inte var en större skillnad i densitet ansågs de jämförbara. Vi tror dock inte att det faktum att diagrammen inte visualiserade verklig data påverkade resultatet då de liknar nätverksdiagram som visualiserar verklig data.

Även närhetsprincipen skulle ha kunnat nyttjas ytterligare genom att flytta noderna närmre varandra i de betingelser som applicerade gestaltprinciper (Koffka, 1935). Detta hade gjort det enklare för deltagarna att gruppera noderna, men för att diagrammen skulle vara jämförbara visuellt valde vi att inte utforma grupperna på det viset. Om närhetsprincipen hade använts i större utsträckning hade det varit svårt att kontrollera att den visuella komplexiteten var densamma för de båda diagrammen.

Det är svårt att utforma något visuellt utan att tillämpa några gestaltprinciper alls, då det är naturligt att perceptuellt organisera stimuli enligt dessa principer (Koffka, 1935). Det skulle därför vara besvärligt att designa ett diagram utan att använda exempelvis närhetsprincipen. På grund av detta var diagrammen i de betingelser som benämndes Icke Gestalt inte helt utan gestaltprinciper, de användes bara inte i samma utsträckning. Till exempel användes fortfarande likhetsprincipen för att gruppera noderna just för att det inte hade gått att gruppera utan

gestaltprinciper. Appliceringen av principerna i detta experiment kan därför snarare ses på en skala, där den ena variabeln brukade gestaltprinciperna i mindre mån. Detta experiment studerade alltså inte när gestaltprinciper används kontra när de inte används överhuvudtaget, utan snarare i hur stor utsträckning principerna borde användas.

5.2.1.1 Diagrammens svårighetsgrad

Svårighetsgraden hos diagrammen baserades på hur hög kognitiv belastning de orsakade vid avläsning, men det är svårt att kontrollera hur hög belastning deltagarna faktiskt upplevde när självrapportering inte användes (Huang et al., 2009). Den kognitiva belastningen baserades därför istället på arbetsminnets kapacitet. Eftersom de lätta diagrammen hade sex grupper bör dessa kunna hållas i arbetsminnet samtidigt, medan detta inte borde vara möjligt för de svåra diagrammens tolv grupper (Miller, 1956). Detta borde i sin tur leda till att de svåra diagrammen orsakade högre kognitiv belastning när deltagarna utförde uppgifter gällande dem (Sweller et al., 2011).

5.2.1.2 Diagrammens färg

Principen om likhet användes i alla diagram eftersom de noder som tillhörde samma grupp var färglagda i samma färg alternativt så hade gruppen samma färg på markeringen i de betingelser där gestaltprinciperna användes. Färgerna valdes från hemsidan ColorBrewer vilken har diverse färgval att välja bland beroende på vad det är för typ av data som ska visualiseras. För att undvika att färgerna skulle kontrastera mot varandra och följaktligen dra till sig olika mycket uppmärksamhet användes färger från ett kvalitativt färgschema, då dessa grundar sig på skillnader i färg(ton) men har samma ljusstyrka och färgmättnad (Harrower & Brewer, 2003). Skillnad i ljusstyrka har en större organiserande kraft än skillnad i färg(ton) (Koffka, 1935), och hade lett till att noderna och markeringarna skulle ha utmärkt sig olika mycket. Eftersom de lätta diagrammen hade färre färger än de svåra hade dessa större skillnader i färg(ton), vilket kan ha påverkat hur väl färgerna urskildes (Stone, 2006).

5.2.2 Experimentdesign

Att experimentet var upplagt som en onlinestudie kan ha orsakat vissa problem då det inte fanns någon möjlighet att kontrollera att alla deltagare utförde studien på samma sätt. Exempelvis kan skillnad i skärmstorlek på datorerna ha haft inverkan, och även det faktum att experimentet utfördes i olika miljöer kan ha påverkat deras prestation. Däremot verkar det rimligt att anta att deltagarna utförde experimentet såsom instruktionerna angavs då det endast identifierades fyra extremvärden samt att det begicks få fel.

Deltagarna fick veta att deras resultat var anonymt och inga personuppgifter kunde knytas till en specifik individ. De behövde dessutom ge samtycke till att de ville delta innan de påbörjade experimentet. Därför bör inga etiska aspekter ha inverkat på resultatet.

5.2.2.1 Experimentets uppgifter

Uppgifterna till experimentet togs ur en taxonomi som introducerade frågor gällande grupper i nätverksdiagram (Saket et al., 2014b). Eftersom det var just förståelse av nätverksdiagram på

gruppnivå vi var intresserade av användes denna taxonomi. Frågorna var skrivna på engelska, vilket gjorde att de behövde översättas till svenska. Översättningen kan ha medfört problem, men formuleringen av uppgifterna försökte göras så tydlig som möjlig för att det inte skulle ske några missförstånd. Det fanns dock otydligheter med ett par uppgifter som inte lyckades identifieras innan experimentet startades. Detta upptäcktes genom att jämföra de fel som begicks för att se om de gällde samma uppgifter. På betingelse Lätt/Icke Gestalt förekom en uppgift som missuppfattades av ett flertal deltagare, och på betingelse Svår/Icke Gestalt var det ytterligare en uppgift som missuppfattades konsekvent. Detta kan ha berott på att det inte var tydligt vad som menades med "länka" i frågan till uppgiften respektive att deltagarna tog fel på två färger som liknade varandra (se bilaga C). Däremot uppfattades de flesta uppgifterna korrekt då deltagarna totalt hade cirka 5% fel på uppgifterna (totalt besvarades 840 uppgifter varav 45 var fel).

5.2.2.2 Träningseffekter

Samma uppgifter kunde inte ges för de olika betingelserna då detta experiment var upplagt som en inomgruppsdesign. Vid inomgruppsdesign finns det risk för att deltagarna lär sig mellan de olika nivåerna, vilket troligtvis hade gett upphov till träningseffekter i detta experiment. Den största utmaningen med att utforma uppgifterna var därför att variera dem och samtidigt göra dem ekvivalenta i svårighetsgrad för varje betingelse. Förutom en uppgift där antalet grupper skulle räknas var därför ingen uppgift exakt likadan som någon annan. Eftersom de båda lätta och de båda svåra diagrammen hade samma antal grupper blev också svaret detsamma för denna uppgift. Då uppgifterna kom i randomiserad ordning kunde vi heller inte kontrollera för att de uppgifterna inte skulle komma efter varandra för de olika betingelserna. Detta problem bör inte ha uppkommit i samma utsträckning för de övriga uppgifterna. Analysen av resultaten i pilotstudien visade dock inga träningseffekter. Då deltagarna i pilotstudien ansågs utgöra ett representativt urval fanns ingen anledning att tro att det skulle finnas träningseffekter för huvudstudien (se bilaga D). Svarstiderna för betingelserna i pilotstudien visade sig dessutom vara lika huvudstudiens svarstider vilket vidare antyder att den var representativ. Det hade varit en tidsödande process att kontrollera träningseffekter i huvudstudien, och ett beslut togs att detta inte skulle prioriteras. Om träningseffekter hade funnits i huvudstudien bör detta dessutom ha balanserats ut med antalet deltagare eftersom uppgifterna kom i randomiserad ordning.

5.2.2.3 Inducering av kognitiv belastning

Kognitiv belastning kan induceras på flera olika sätt. För att orsaka olika hög kognitiv belastning mellan de lätta och svåra diagrammen valde vi att öka antalet element för de svåra diagrammen. Detta gjorde de svåra diagrammen mer visuellt komplexa (Heylighen, 1997). Då diagrammen inte baserades på verklig data, utan var arbiträrt skapade, var även den visuella komplexiteten arbiträr. Den visuella komplexiteten hade därför inget samband med en viss typ av data. Dessa två är ofta avhängiga varandra, komplex data leder ofta till visuell komplexitet, men de behöver inte nödvändigtvis vara det då komplex data kan visualiseras på ett icke-komplext sätt (Davenport, 2014). Därför dras slutsatsen att förståelse av diagram inte nödvändigtvis säger något om hur väl viss data förstås. Således undersöker denna studie inte hur väl data förstås eller

om gestaltprinciperna kan underlätta förståelsen för komplex data, utan endast hur väl deltagarna förstod utformningen av diagrammen.

De andra faktorerna som skulle kunna påverka den kognitiva belastningen, såsom svårighetsgraden på uppgifterna, försökte hållas konstant. För att ytterligare öka den kognitiva belastningen övervägdes införandet av en tidsbegränsning. Detta valdes dock bort då tidsbegränsning framkallar prestationsångest, vilket i sin tur påverkar prestation till det sämre (Huang et al., 2009). Att varje diagram endast kunde visas i högst tio minuter var ingen tidsbegränsning då tio minuter bör ha varit mer än tillräckligt för att besvara en uppgift. Betingelse Svår/Icke Gestalt hade i genomsnitt en svarstid på 22,47 sekunder för en uppgift (vilket var betingelsen med den längsta svarstiden per uppgift), vilket antyder att den övre tidsgränsen på tio minuter inte borde utgjort ett problem. Om en deltagare hade överstigit tio minuter, vilket ingen gjorde, hade de bedömts som ett extremvärde då hela experimentet (alla 28 uppgifter) i genomsnitt genomfördes på 8,26 minuter. Deltagarna kan trots avsaknaden av tidsbegränsning ha känt prestationsångest, vilket i sin tur kan ha påverkat deras resultat.

5.3 Framtida forskning

Detta experiment kan varieras på ett flertal sätt för att undersöka olika variabler. Nätverksdiagram kan ha många typer av utformningar och det skulle vara intressant att jämföra resultaten för olika typer. Diagrammens densitet, eller storleken och formerna på noderna kan till exempel varieras för att se vad detta har för inverkan på svarstid. En viktig del i detta experiment var de färger som användes för att markera grupperna. Det skulle vara intressant att använda sig av andra färgscheman, till exempel från ColorBrewer, för att jämföra hur olika färger påverkar uppmärksamheten. Vi tror att något som kan ha stor påverkan på svarstiden för uppgifterna är om färgmättnad och ljusstyrka ändras och varieras.

De diagram som användes i detta experiment var inte baserade på verkliga dataset. Vi kan därför inte dra några slutsatser kring huruvida denna studie säger något om förståelse av viss data. För att undersöka förståelse av data behöver andra studier göras i detta syfte. Dessutom representeras olika typer av dataset på olika sätt. Framtida forskning skulle kunna undersöka om förståelsen av diagram påverkas av att de representerar olika typer av dataset.

Detta experiment skulle även kunna utföras på andra typer av diagram, såsom bubbel- eller punktdiagram. Gestaltprincipernas applicering hade då sett något annorlunda ut vilket skulle kunna påverka förståelsen. Det finns även fler gestaltprinciper än de som nyttjades i denna studie, och de som användes här kan utformas på andra sätt beroende på studiens syfte.

I detta experiment inducerades kognitiv belastning genom att öka den visuella komplexiteten i de svåra diagrammen. För att undersöka hur ytterligare en kognitiv belastning påverkar svarstiderna skulle exempelvis en tidsbegränsning kunna införas.

6. Slutsats

Denna studie visar att avläsning av diagram kan underlättas med hjälp av kognitiva principer, då svarstiden för uppgifterna skiljde sig åt beroende på om gestaltprinciperna användes eller inte. Resultatet antyder att avläsningen underlättades när gestaltprinciper användes i diagrammen då svarstiden minskade för dessa betingelser. Detta berodde på att det blev färre informationsbitar att hålla i arbetsminnet när noderna grupperades med en markering i betingelserna där gestaltprinciper applicerades (Miller, 1956).

Gestaltprinciperna hade även en större effekt på svarstiden om diagrammet var visuellt komplext och därmed svårt att läsa av. Att gestaltprinciperna gjorde att svarstiden minskade då diagrammet var svårt att läsa av beror på *preattentive processing* (Treisman, 1985). Denna process gör att storleken på ett dataset inte påverkar hur lång tid det tar att hitta ett objekt såvida det finns ett enskilt kännetecken att leta efter. Genom att gruppera noderna med en markering som följer gestaltprinciperna får den som letar efter en viss grupp ett särskilt kännetecken att leta efter (Reisberg, 2012). Det finns därmed ytterligare anledning att använda sig av gestaltprinciper i diagram som är svåra att läsa av och har hög visuell komplexitet, då dessa bidrar till en mer effektiv avläsning av nätverksdiagram.

Detta innebär att båda de hypoteser som ställdes upp inför studien fick stöd av våra resultat, och visar att gestaltprinciperna kan appliceras på diagram för att lättare förmedla dess information. Att använda gestaltprinciper är ett effektivt sätt att tillgängliggöra data. Vår studie har visat att denna typ av metod borde användas i större utsträckning vid utformning av nätverksdiagram. Istället för komplexa grafer och diagram skulle företag kunna använda denna metod för att enklare visualisera data. Detta torde i sin tur förenkla användandet av data som beslutsunderlag.

Källförteckning

Ali, N., & Peebles, D. (2013). The effect of Gestalt laws of perceptual organization on the comprehension of three-variable bar and line graphs. *Human Factors: The Journal of Human Factors and Ergonomics Society*, 55(1), 183-203. doi:10.1177/0018720812452592

Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1971). The control of short-term memory. *Scientific American*. 225(2), 82–90. doi:10.1038/scientificamerican0871-82

Baddeley, A. (2015a). Working memory. I A. Baddeley, M. W. Eysenck, M. C. Anderson (Red.), *Memory*. (2. uppl., ss. 67-105). New York: Psychology Press.

Baddeley, A. (2015b). What is memory?. I A. Baddeley, M. W. Eysenck, M. C. Anderson (Red.), *Memory*. (2. uppl., ss. 3-20). New York: Psychology Press.

Baddeley, A. (2015c). Short-term memory. I A. Baddeley, M. W. Eysenck, M. C. Anderson (Red.), *Memory*. (2. uppl., ss. 41-64). New York: Psychology Press.

Davenport, T. H. (2014). *big data@work*. Boston: Harvard Business Review Press.

Diagram. (u.å.). I Merriam-Websters uppslagsverk online. Hämtad 2017-05-15, från <https://www.merriam-webster.com/dictionary/diagram>

Frye, C. (2017). Calculate network density. Hämtad 2017-05-15, från <https://www.lynda.com/course-tutorials/Calculate-network-density/508872/564801-4.html>

Harrower, M., & Brewer, C. A. (2003). ColorBrewer.org: An online tool for selecting colour schemes for maps. *The Cartographic Journal*, 40(1), 27-37. doi:10.1179/000870403235002042

Heylighen, F. (1997). The growth of structural and functional complexity during evolution. I F. Heylighen, & D. Aerts (Red.), *The evolution of complexity* (ss. 17-44). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Harper, S., Michailidou, E., & Stevens, R. (2009). Toward a definition of visual complexity as an implicit measure of cognitive load. *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, 6(2), 1-18. doi:10.1145/1498700.1498704

Huang, W., Eades, P., & Hong, S. H. (2009). Measuring effectiveness of graph visualizations: A cognitive load perspective. *Information Visualization*, 8(3), 139-152. doi:10.1057/ivs.2009.10

Jianu, R., Rusu, A., Hu, Y., & Taggart, D. (2014). How to display group information on node-link diagrams: an evaluation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 20(11), 1530-1541.

- Koffka, K. (1935). *Principles of Gestalt Psychology*. London: Kegan Paul, Trench, Trubner.
- Kosslyn, S. M. (1989). Understanding charts and graphs. *Applied cognitive psychology*, 3(3), 185-225. doi:10.1002/acp.2350030302
- King, D. B., & Wertheimer, M. (2004). *Max Wertheimer & Gestalt Theory*. New Brunswick: Transaction Publishers.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390(6657), 279-281. doi:10.1038/36846
- Miller, G. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81-97. doi:10.1037/h0043158
- Pinker, S. (1990). A theory of graph comprehension. I R. Freedle (Red.), *Artificial intelligence and the future of testing* (ss. 73-126). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Pieters, R., Wedel, M., & Batra, R. (2010). The stopping power of advertising: Measures and effects of visual complexity. *Journal of Marketing*, 74(5), 48-60. doi:10.1509/jmkg.74.5.48
- Reisberg, D. (2012). *Cognition - Exploring the Science of the Mind*. (5. uppl.). New York: WW Norton & Company.
- Saket, B., Simonetto, P., Kobourov, S., & Börner, K. (2014a). Node, node-link, and node-link-group diagrams: An evaluation. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 20(12), 2231-2240. doi:10.1109/TVCG.2014.2346422
- Saket, B., Simonetto, P., & Kobourov, S. (2014b). Group-level graph visualization taxonomy. I *Short paper proceedings of EuroVis' 14*, ss. 85-89.
- Shah, P., & Freedman, E. G. (2009). Bar and line graph comprehension: An interaction of top-down and bottom-up processes. *Topics in Cognitive Science*, 3(3), 560-578.
- Shah, P., Mayer, R. E., & Hegarty, M. (1999). Graphs as aids to knowledge construction: Signaling techniques for guiding the process of graph comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 91(4), 690-702.
- Stoet, G. (2017). PsyToolkit: A novel web-based method for running online questionnaires and reaction-time experiments. *Teaching of Psychology*, 44(1), 24-31. doi:10.1177/0098628316677643

Stone, M. (2006, januari). *Choosing colors for data visualization*. Business Intelligence Network.

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York: Springer New York.

Todorovic, D. (2008). Gestalt principles. I E. M. Izhikevich (Red.), *Scholarpedia* (oktober 2011 red.). Hämtad 2017-05-15 från, http://www.scholarpedia.org/article/Gestalt_principles

Treisman, A. (1985). Preattentive processing in vision. *Computer vision, graphics, and image processing*, 31(2), 156-177. doi:10.1016/S0734-189X(85)80004-9

Van Gog, T., Paas, F. (2012). Cognitive load measurement. I N. Seel (Red.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (ss. 599-601). New York: Springer US.

Wertheimer, M. (1938). Laws of organization in perceptual forms. I W. D. Ellis (Red.), *A source book of Gestalt psychology* (ss. 71-88). London: Routledge & Kegan Paul.

Bilagor

Bilaga A - Kod till PsyToolkit

Efter # följer kommentarer om vad koden har för syfte

options

mouse on

fullscreen

resolution 1500 1000

bitmaps #Bilderna som importerades

diagram1

diagram2

diagram3

diagram4

diagram5

diagram6

diagram7

diagram8

diagram9

diagram10

diagram11

diagram12

diagram13

diagram14

diagram15

diagram16

diagram17

diagram18

diagram19

diagram20

diagram21

diagram22

diagram23

diagram24

diagram25

diagram26

diagram27

diagram28

cirkel

feedback


```

table diagrams
  diagram1 "1 easy" 3
  diagram2 "2 easy" 2
  diagram3 "3 easy" 1
  diagram4 "4 easy" 3
  diagram5 "5 easy" 3
  diagram6 "6 easy" 1
  diagram7 "7 easy" 4
  diagram8 "8 easyg" 2
  diagram9 "9 easyg" 2
  diagram10 "10 easyg" 1
  diagram11 "11 easyg" 2
  diagram12 "12 easyg" 2
  diagram13 "13 easyg" 4
  diagram14 "14 easyg" 3
  diagram15 "15 hard" 1
  diagram16 "16 hard" 3
  diagram17 "17 hard" 4
  diagram18 "18 hard" 2
  diagram19 "19 hard" 3
  diagram20 "20 hard" 2
  diagram21 "21 hard" 3
  diagram22 "22 hardg" 2
  diagram23 "23 hardg" 2
  diagram24 "24 hardg" 4
  diagram25 "25 hardg" 1
  diagram26 "26 hardg" 3
  diagram27 "27 hardg" 1
  diagram28 "28 hardg" 3

task timemeasurement #Uppgiftens namn
table diagrams      #Hämtar bitmaps från table diagrams
clear 1
show background 255 255 255      #Visar en vit bakgrund
draw off
  show bitmap @1 0 -10           #Tar en randomiserad bitmap ur kolumn 1 i table diagrams
  show bitmap cirkel -90 -268    #Visar fyra cirklar med specificerade placeringar
  show bitmap cirkel -90 -232
  show bitmap cirkel -90 -196
  show bitmap cirkel -90 -160
draw on
  readmouse 1 1 600000 range 3 6      #Gör att cirklarna blir klickbara
  set $b bitmap-under-mouse MOUSE_X MOUSE_Y range 3 6 #Visar vilken cirkel som klickats
  set $score expression $b - 2        #Ger cirklarna ett värde
  set $p expression ( $score - 1 ) * 36 - 268      #Räknar ut y-värdet för cirklarnas placering
  show bitmap feedback -90 $p        #Visar ett kryss i den klickade cirkeln

```

```
delay 350
save @2 $score @3 RT
clear screen
delay 2000
```

```
#Bestämmer hur länge krysset ska visas
#Data som sparas
#Visar svart skärm
#Paus på två sekunder
```

```
block test
```

```
#Beskriver att uppgiften timemeasurement ska göras
```

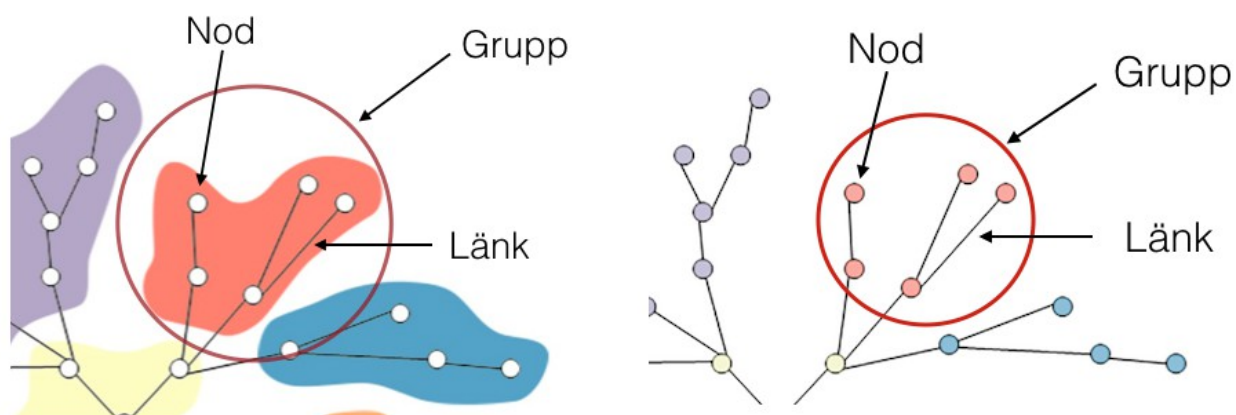
```
tasklist
```

```
timemeasurement 28 all_before_repeat
```

```
#Uppgiften är klar när alla 28 bitmaps har visats
```

```
end
```

Bilaga B - Instruktioner inför experimentet



I detta experiment kommer ett diagram i taget att visas, och det är sammanlagt 28 diagram. Ovanför syns en del av två exempeldiagram med en beskrivning av vad en nod, en länk och en grupp är. Det är dessa frågorna som kommer beröra. Noder med samma färg tillhör samma grupp. Länkar är de linjer som binder samman två noder. Granngrupper är de grupper som ligger bredvid varandra, oavsett om de är länkade eller inte (se som exempel grupp röd och grupp blå ovan).

Din uppgift är att inspektera diagrammen och besvara frågor om dessa. Frågorna är skrivna ovanför diagrammen. Det finns ingen tidsbegränsning för att besvara frågorna, men det är viktigt att du är alert och gör testet i följd utan att ta några pauser. Det kommer finnas fyra svarsalternativ, varav ett (och endast ett) är korrekt. För att svara klickar du i cirkeln bredvid det svarsalternativ du tror är korrekt. Mellan att varje diagram besvaras kommer en kort paus, vilket innebär att skärmen blir svart ett par sekunder innan nästa diagram dyker upp.

Observera att du på nästa sida behöver scrolla ned till slutet av sidan och trycka på den grå knappen för att påbörja experimentet!

Bilaga C - Experimentets uppgifter



Betingelse Lätt/Icke Gestalt:





1. Hur många grupper finns det?


- 4 grupper
- 5 grupper
- 6 grupper
- 7 grupper

2. Hur många grupper länkar direkt till ?


- 1 grupp
- 2 grupper
- 3 grupper
- 4 grupper

3. Vilken av följande grupper är granne till både  och ?


- Grupp 
- Grupp 
- Grupp 
- Grupp 









4. Hur många noder har ?

- 5 noder
- 6 noder
- 7 noder
- 8 noder

5. Hur många noder har ?

- 6 noder
- 7 noder
- 8 noder
- 9 noder

6. Vilka av följande grupper är grannar till ?

- Grupperna  & 
- Grupperna  & 
- Grupperna  & 
- Grupperna  & 


7. Hur många noder har grupp  & grupp  tillsammans?

- 13 noder
- 14 noder
- 15 noder
- 16 noder



Betingelse Lätt/Gestalt:

8. Hur många grupper finns det?


- 5 grupper
- 6 grupper
- 7 grupper
- 8 grupper

9. Hur många grupper länkar direkt till ?


- 1 grupp
- 2 grupper
- 3 grupper
- 4 grupper

10. Vilken av följande grupper är granne till både  och ?

- Grupp 
- Grupp 
- Grupp 
- Grupp 

11. Hur många noder har ?

- 5 noder
- 6 noder
- 7 noder
- 8 noder

12. Hur många noder har ?

- 6 noder
- 7 noder
- 8 noder
- 9 noder

13. Vilka av följande grupper är grannar till ?

- Grupperna  & 
- Grupperna  & 
- Grupperna  & 
- Grupperna  & 

14. Hur många noder har grupp  & grupp  tillsammans?

- 13 noder
- 14 noder
- 15 noder
- 16 noder



Betingelse Svår/Icke Gestalt:

15. Hur många grupper finns det?


- 12 grupper
- 13 grupper
- 14 grupper
- 15 grupper

16. Hur många grupper länkar direkt till ?


- 1 grupp
- 2 grupper
- 3 grupper
- 4 grupper

17. Vilken av följande grupper är granne till både  och ?

- Grupp 
- Grupp 
- Grupp 
- Grupp 

18. Hur många noder har ?

- 5 noder
- 6 noder
- 7 noder
- 8 noder

19. Hur många noder har ?

- 5 noder
- 6 noder
- 8 noder
- 9 noder

20. Vilka av följande grupper är grannar till ?

- Grupperna  & 
- Grupperna  & 
- Grupperna  & 
- Grupperna  & 

21. Hur många noder har grupp  & grupp  tillsammans?

- 13 noder
- 14 noder
- 15 noder
- 16 noder



Betingelse Svår/Gestalt:

22. Hur många grupper finns det?


- 10 grupper
- 12 grupper
- 13 grupper
- 15 grupper

23. Hur många grupper länkar direkt till ?


- 2 grupper
- 3 grupper
- 4 grupper
- 5 grupper

24. Vilken av följande grupper är granne till både  och ?

- Grupp 
- Grupp 
- Grupp 
- Grupp 

25. Hur många noder har ?

- 7 noder
- 8 noder
- 9 noder
- 10 noder

26. Hur många noder har ?

- 5 noder
- 7 noder
- 8 noder
- 10 noder

27. Vilka av följande grupper är grannar till ?

- Grupperna  & 
- Grupperna  & 
- Grupperna  & 
- Grupperna  & 

28. Hur många noder har grupp  & grupp  tillsammans?

- 14 noder
- 15 noder
- 16 noder
- 17 noder

Bilaga D - Samtycke till experiment

About this survey

En undersökning gällande visualisering av data

Detta experiment ligger till grund för en kandidatuppsats i kognitionsvetenskap vid Göteborgs Universitet.

Det tar cirka 7-15 minuter att genomföra. Sitt gärna ostört när du genomför experimentet.

Experimentet bör inte utföras på en datorskärm mindre än 13".

Observera att du inte kan medverka i denna studie om du har nedsatt färgseende.

Confirm you want to do this survey

Dina uppgifter kommer att hanteras anonymt.

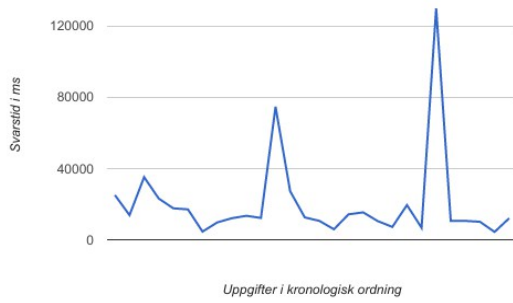
Var vänlig bekräfta att du samtycker till att delta i denna studie.

I understand the conditions of this study

[Click this button to start survey](#)

Bilaga E - Träningseffekter

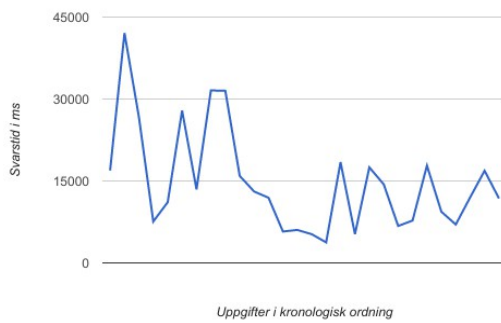
Pilotdeltagare 1



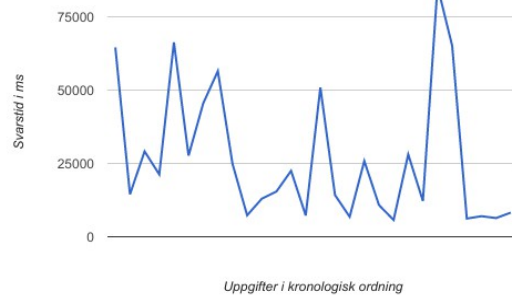
Pilotdeltagare 2



Pilotdeltagare 3



Pilotdeltagare 4



Pilotdeltagare 5

Pilotdeltagare 6

