

Bildkonst genererad av artificiell intelligens

Wendla Stenbacka 2001157

Kandidatavhandling i datateknik

Handledare: Annamari Soini

Fakulteten för naturvetenskap och teknik

Åbo Akademi

Våren 2023

Abstrakt

Artificiell intelligens (AI) har under de senaste åren utvecklats mycket, och därmed har också konstgenerering med hjälp av AI vuxit fram. Denna avhandling handlar om hur genereringen fungerar samt diskuterar bland annat frågor kring skapandet av prompt och etiken bakom användningen, samt visar resultat av bilder som gjorts i olika program.

Förkortningar

AI - artificiell intelligens

ANN - artificiellt neuronät (eng. *Artificial neural network*)

CNN - faltningsnätverk (eng. *Convolutional neural network*)

D - diskriminator

G - generator

GAN - generativa motståndsnätverk (eng. *Generative adversarial network*)

NFT - icke-fungibel token (eng. *Non-fungible token*)

RNN - upprepande neuronät (eng. *Recurrent neural network*)

Innehåll

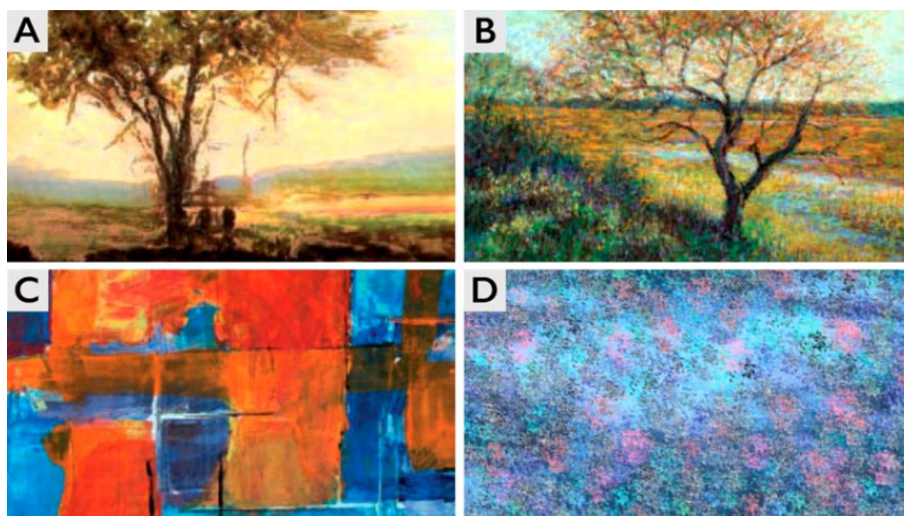
1	Introduktion	1
2	Historik	3
3	Användning	4
4	Produktion av bilder	5
5	Hur fungerar genereringen?	9
5.1	Neuronnät	9
5.1.1	Gaussiskt brus	11
5.1.2	Generativa motståndsnätverk (GAN)	11
5.1.3	Diffusionsmodeller	12
5.2	Datainsamling	13
5.2.1	Språkteknologi	15
6	Etiken bakom AI-genererad konst	16
7	Slutsats	19

Kapitel 1

Introduktion

Artificiellt genererad konst har under de senaste åren syntts allt mera i medier. Det förekommer allt från chattbottar till bild- och musikgenereringsprogram. Abstrakta idéer blir med hjälp av några klick och korta beskrivningar till fysiska verk. I och med den snabba utvecklingen av programmen har det blivit svårt att urskilja mellan vad som skapats av en människa och vad som gjorts av en maskin.

I en studie gjord av Harsha Gangadharbatla publicerad i *Empirical Studies in the Arts* undersökte han om människor kunde se skillnad på konst skapad av en människa eller konst genererad med hjälp av artificiell intelligens (AI). Motiven var impressionistiska landskap samt geometriska abstrakta figurer som visades för flera hundra människor. Av dessa kunde över 75 % inte svara rätt på vilka som var gjorda av människor och vilka av AI. Figur 1.1 visar bilderna som användes i studien. [10, 4]



Figur 1.1: *Human vs AI artworks* av Harsha Gangadharbatla.

I och med att AI blir allt mera antropomorfisk har också oro vuxit fram inom olika områden. Diskussionen bland konstnärer cirkulerar kring AI-genereringens inverkan på karriärer inom konst ifall vem som helst kan skapa sin egen konst. Å andra sidan kan programmen ses som verktyg, på samma sätt som kameran eller digitala ritprogram.

I denna avhandling vill jag få reda på hur AI:n skapar bilder från textinmatning med hjälp av djupinlärning. Jag undersöker hur övertygande verken blir samt hur de sedan kan användas. Många frågor kring etiken bakom generering av bilder dyker upp, och de diskuteras i slutet av avhandlingen i 6.

Kapitel 2

Historik

Idén av artificiell intelligens formades under mitten av 1900-talet då man började leka med tanken av sci-fi robotar. På 1950-talet insågs det att formell logik kunde användas för att lösa olika problem med hjälp av maskiner. Alan Turing skapade Turingtestet som lade grunden till utvecklingen av AI. Därefter skapades AI-program, som skulle motsvara sättet en människa löser problem. Under 70-talet trodde man sig redan efter några år kunna skapa AI som motsvarade samma generella intelligens som hos en människa. Det som hindrade detta var kapaciteten på datorerna, som var alltför svaga. Dessutom hade man inte tillräckligt med pengar för forskningen inom området. Detta löstes hur som helst under 80-talet, vilket gjorde att utvecklingen ökade exponentiellt. Man utvecklade djupinlärningsalgoritmer som kunde fatta beslut på ett likadant sätt som en människa. I slutet av 90-talet uppnådde man äntligen målet med Moores lag, som uppskattade att minnet och hastigheten för datorer skulle fördubblas varje år. [12, 2]

Artificiell intelligens som utvecklats under 2000-talet kallas ofta artificiell generell intelligens eller AI 2.0. Skillnaden mellan den ”gamla” AI:n och AI 2.0 är målsättningarna. Förut försökte man härma människans sätt att tänka och lösa problem som helheter, medan man med AI 2.0 istället satsar på att lösa enskilda och individuella problem. Detta är möjligt på grund av användningen av generiska algoritmer som tränats med djup- eller maskininlärning samt neuronnät. Maskinen behöver inte ”tänka” lika mycket, utan går igenom stora datamängder och är på detta sätt effektivare. I princip betyder detta alltså att AI 2.0 är bra på att hitta mönster, vilket J. Zyliniska konstaterar i boken *AI art: Machine visions and warped dreams*. [12]

Kapitel 3

Användning

Konstgenereringsprogrammen är gjorda för att vem som helst ska kunna ge liv till sina idéer. Många program som till exempel Dall-E eller Stable Diffusion kräver endast att man skapar ett konto på organisationens hemsida, och sedan kan man skapa hur många bilder som helst. Andra sidor tillåter ett visst antal prövningar, varefter man blir tvungen att köpa krediter för att kunna fortsätta. Program utvecklas hela tiden, det vill säga alternativ finns för användarna.

Vem använder AI-genereringsprogram och varför? Vem som helst med tillgång till internet kan också skapa AI-genererad konst. Konstnärer kan dra nytta av bilderna och använda dem som referens eller motiv i sitt eget skapande. Artister kan skapa omslag till sina album och spelutvecklare kan skapa konceptkonst av sina karaktärer. Möjligheterna begränsas endast av användarens egen fantasi.

-fortsätt

Kapitel 4

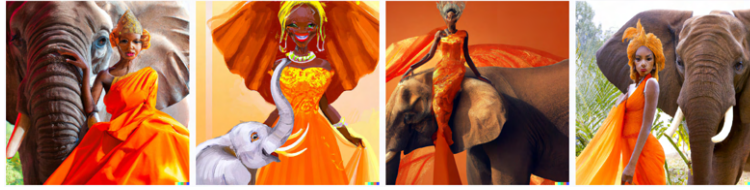
Produktion av bilder

I och med det stora ökade intresset för generering av bilder har många företag och privatpersoner också hakat på trenden, och därmed har många olika webbsidor, maskiner och program uppkommit för skapandet av AI-konst. I denna avhandling använder jag programmen Dall-E, Midjourney samt Nightcafé för att framkalla olika bilder. Programmet Dall-E är utvecklat av företaget OpenAI, som bland annat också har skapat den kända AI-chattbotten ChatGPT. Midjourney är en publik Discord-server där man skapar bilder genom att skriva in prompt i chatten. Det sista programmet jag har valt att använda är webbsidan Nightcafé, där man kan välja stil och metod för att skapa sina bilder.

För att kunna skapa en bild i ett program måste man skriva in en beskrivning av det man vill få fram, det vill säga en prompt. Detta i sig är en teknik jag valt kalla promptskapande (eng. *prompt engineering*). Prompten måste vara tillräckligt tydlig och beskrivande för att man ska få fram begripliga och realistiska resultat. Man kan till exempel skriva in objekt som ska synas, vad som händer, färger, känslor, stil och kameraobjektiv. Längden kan variera från några ord till många meningar. Desto specifikare resultat man önskar, desto noggrannare prompt måste man ange.

För att jämföra Dall-E, Midjourney och Nightcafé skrev jag in prompten *portrait of african princess in an orange dress with an elephant by her side*. Jag valde denna specifika prompt på grund av flera orsaker. AI har ofta svårt att skapa realistiska människokroppar med rätt proportioner och mänskliga ansikten. Dessutom ville jag se hur den tolkar elefanten i förhållande till människan. Med adjektiven ville jag se hur AI:n tolkar kultur och hanterar färger. Resultaten blev väldigt olika och varierande, vilket syns i figurerna 4.1, 4.2 och 4.3.

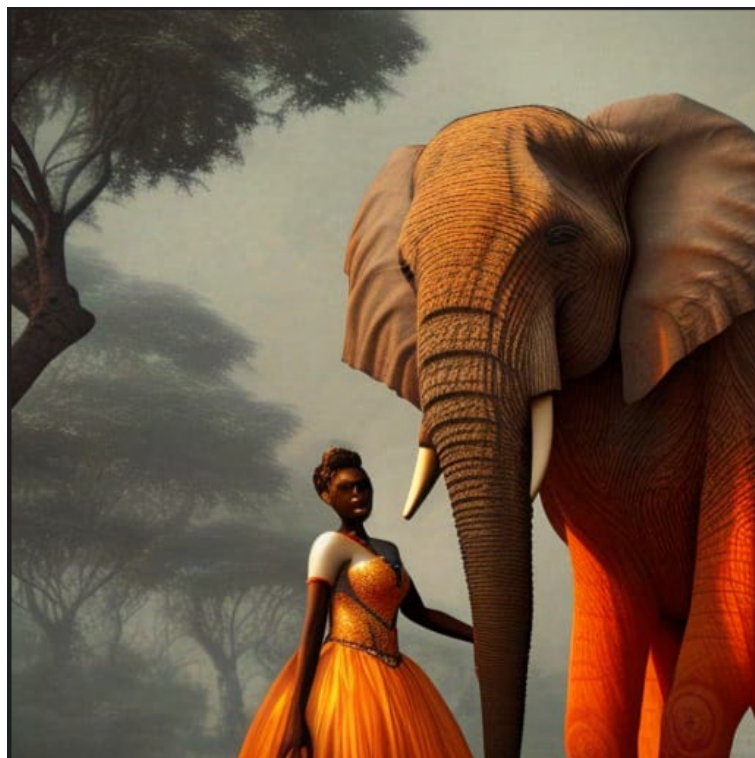
Det bilderna har gemensamt är att alla lyckas få med en tydlig elefant samt en kvinna i



Figur 4.1: Skapad med Dall-E.



Figur 4.2: Skapad med Midjourney.



Figur 4.3: Skapad med Nightcafé.

en orange klänning. Likt många andra AI-program har också Dall-E och Nightcafé svårt att skapa ansikten (figur 4.1 och figur 4.3). Ansiktsdragen smälter ihop och blir en otydlig röra. Ansiktet blir osymmetriskt och saknar ibland till och med ögon eller näsa. Kroppsförmerna och proportionerna blir också förvrängda, och man ser tydligt att det finns rum för utveckling. Detta gör att man inte kan ta miste om att dessa bilder är gjorda av en maskin. Midjourney däremot skapade helt klart de mest realistiska bilderna (figur 4.2). Trots detta finns också brister i dessa bilder. På den första bilden uppe till vänster blev elefanten orange, vilket inte stod i prompten. Beten är för smal och går upp till kvinnans huvudbonad. Även på bilden i det högra övre hörnet har elefanten en missformad bet. Alla bilder har ögon som tittar åt olika håll och är osymmetriska. Även om Midjourney klarade av att skapa de överlägset bästa bilderna, kan man ändå hitta fel i dem.

I flera program, som till exempel Nightcafé, kan användaren välja stil på bilderna som genereras. Det finns en standardstil, som används i figur 4.3, en "episkstil, samt en anime-radstil. Andra program har ofta sin egen typ av stil på bilderna. Midjourney skapar mera fotorealistiska bilder, medan bilder gjorda med Dall-E oftast liknar mera målningar. Om användaren vill ha en viss typ av stil på bilderna, oberoende av program, förväntas användaren skriva det i prompten. I bilderna jag skapade till denna avhandling specificerade jag inte vilken stil de skulle ha för att se vad programmen valde att göra.

Med tanke på hur nya genereringsprogram är, kan man hur som helst konstatera att utvecklingen har gått framåt snabbt inom området. Företagen och organisationerna bakom programmen utvecklar dem konstant på grund av den stora efterfrågan. Inom några år kanske man redan har kommit så långt att man inte längre kan urskilja vad som är konst gjort av AI och vad som är gjort av människor.

Kapitel 5

Hur fungerar genereringen?

De flesta program med artificiell intelligens använder sig av maskininlärning i sina algoritmer. Bildgenereringsprogram använder djupinlärning för att lära sig mönster. I 5.1 undersöker jag det typiska neuronnet som används inom bildgenerering, och i 5.1.1 förklaras teorin bakom hur brus används för att träna upp modeller. I 5.1.2 samt 5.1.3 tittar jag närmare på huvudmetoderna för genereringen.

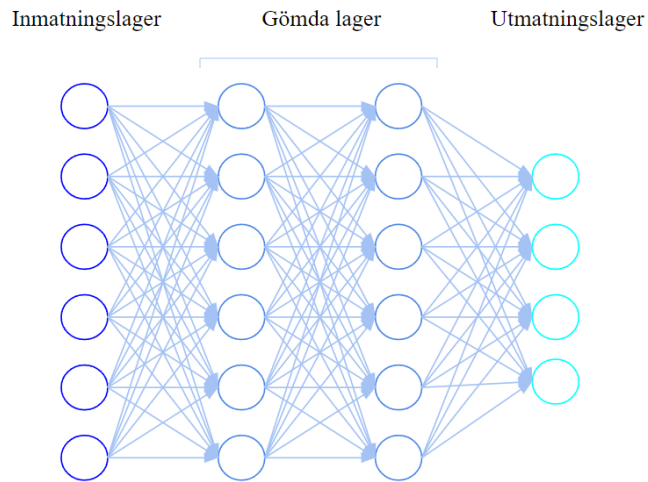
För att träna upp bildgenereringsprogrammet matas det in exempelbilder med bildtext, och programmet lär sig med hjälp av dessa koppla ihop helheter av pixlar med text. För att få en användbar AI-generator krävs miljontals av bildexempel som fås genom datautvinning. Beroende på datamängden, kommer också kvaliteten påverkas enligt vilka data algoritmerna har tränats upp med. Detta undersöks i 5.1.3.

För att skapa bilder måste användaren skapa en prompt som matas in i programmet. Hur detta fungerar språktekniskt undersöks i 5.2.1.

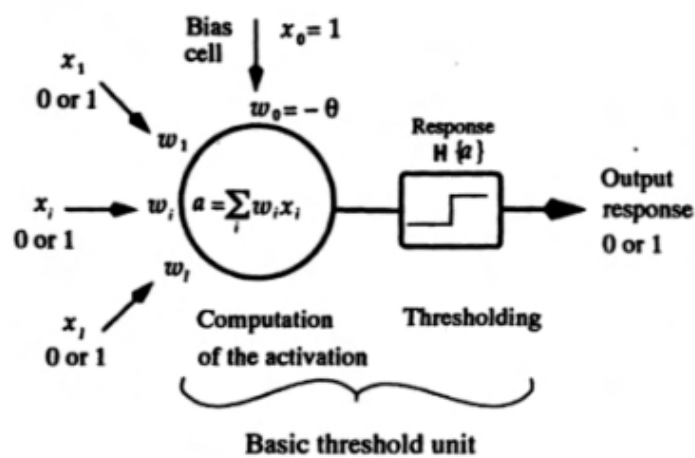
5.1 Neuronnet

Neuronnet är en modell som används inom AI-generering. Modellen baserar sig på ett system som ska optimera algoritmen och lära sig mönster. Modellen består av flera små artificiella "neuroner" eller noder i , som befinner sig i ett visst tillstånd n . Dessa kopplas sedan ihop med varandra till ett nätverk med olika lager, där kopplingarna har olika vikter w och biaser b . De summerade vikterna från inmatningen visar aktivitetsgraden a för noden, som antingen är 0 om $a \leq 0$ eller om $a > 0$. Målet med nätverket är att hitta kopplingen mellan det första lagret med inmatningen (eng. *input*) x och det sista lagret med utmatning (eng. *output*) y . Mellan dessa lager finns ett antal gömda lager, som illustreras

i figur 5.1. Figur 5.2 visar hur aktivitetsgraden räknas ihop. [1, 7]



Figur 5.1: Neuronnät.

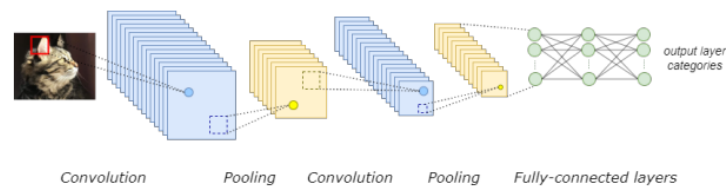


Figur 5.2: Aktivitetsgraden av en nod. [1]

Vikterna av utmatningen fås med hjälp av en bias, det vill säga ett tal som visar felaktigheten i resultatet. Desto större tal, desto större fel. Målet är alltså att vikten ska vara så lika det tal man ursprungligen söker efter. Detta är vad som kallas övervakad inlärning, det vill säga algoritmen justeras enligt utmatningen som jämförs med den värde som söks. [1, 7]

Det finns tre huvudsakliga typer av neuronnät: artificiellt neuronnät (ANN) (eng. *Artificial neural network*), faltningsnätverk (CNN) (eng. *Convolutional neural network*) samt

upprepande neuronnät (RNN) (eng. *Recurrent neural network*). I bildgenerering används faltningsnätverk CNN. De består av kapslade (eng. *nested*) matriser, som i sin tur innehåller olika vikter. Som inmatning tas en bild x , som följs av ett antal konvolutionslager. I dessa lager utförs matematiska operationer för att bestämma vikterna w och biaserna b . Mellan konvolutionslagren finns sammanställningslager (eng. *pooling layer*). I dessa lagen förminskas storleken på matriserna genom att räkna ut antingen maximala värden eller medeltalet. Efter att objekten i bilden har identifierats, delas de in i olika klasser i utmatningen. I figur 5.3 illustreras hur ett CNN kan se ut. [11, 6]



Figur 5.3: Ett CNN med två konvolutionslager. [6]

5.1.1 Gaussiskt brus

Den vanligaste typen av brus är Gaussiskt brus. Brus är slumpmässigt utspridda svarta och vita pixlar, som kallas salt och peppar-brus. [3]

Densitetsfunktionen för Gaussiskt brus q bestäms enligt figur 5.4, där σ^2 är variansen och μ är medeltalet.

$$p_q(x) = (2\pi\sigma^2)^{-1/2} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}$$

Figur 5.4: Gaussisk densitetsfunktion. [3]

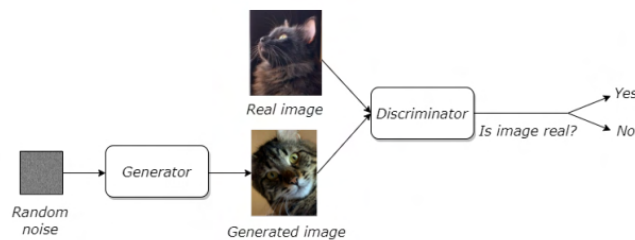
- förklaring

5.1.2 Generativa motståndsnätverk (GAN)

Generativa motståndsnätverk (GAN) (eng. *Generative adversarial network*) är en typ av modell som används inom bildgenerering på grund av att den fungerar som en generell modell utan övervakning av en människa. På samma sätt som alla inlärningsalgoritmer försöker GAN koppla ihop ny inmatningsdata med rätt utmatning. Detta gör GAN genom att söka efter likheter mellan en parameter man redan har definierat i en modell, och försöker sedan återskapa den på ett nytt sätt. Man har alltså definierat parametrar, det vill

säga olika grupper av ord, i egna kategorier som algoritmen ska kunna känna igen. I praktiken fungerar generativ modellering oftast genom att söka efter den största sannolikheten mellan datan och modellen. [5]

GAN består av två separata nätverk, ofta neuronnät, som tävlar mot varandra för att skapa det bästa resultatet. Det ena nätverket kallas generator (G) och tar sampel från modellen. Generators roll är att lära sig funktionen som förvandlar brus (eng. *noise*) till bilder. Det andra nätverket kallas diskriminator (D) och går igenom samplen som ges till den av generatoren. Diskriminators uppgift är att bestämma ifall samplet är riktigt eller falskt, det vill säga genererat av generatoren. Båda nätverken har en egen kostnad, och målet är att få en så låg kostnad som möjligt. Detta görs genom att nätverken försöker lura varandra. För att generators ska få en låg kostnad ger den en falsk bild till diskriminators. Denna i sin tur försöker gissa rätt på om bilden är falsk eller riktig. Om diskriminators gissar rätt har inlärningen fungerat. Denna metod gör att modellen kontinuerligt blir bättre på att producera bättre bilder oövervakat. Figur 5.5 visar hur GAN fungerar. [5]



Figur 5.5: Ett GAN med generatoren som producerar en falsk bild och diskriminators som gissar om bilden är falsk eller riktig. [6]

I artikeln *Generative Adversarial Networks* konstateras att man har upptäckt att GAN är bra på att kategorisera objekt, samt att fylla i luckor i data. GAN använder sig inte av Markov-kedjan, olik från diffusionsmodeller, vilket gör att genereringen kan ske snabbare. Däremot så kan statistiska misstag ske, i och med att man inte använder Markov-kedjan för att uppskatta dessa fel. Med tiden utvecklas dock dessa modeller, vilket kommer resultera i att man i framtiden kommer se allt mera realistiska AI-genererade bilder. [5]

5.1.3 Diffusionsmodeller

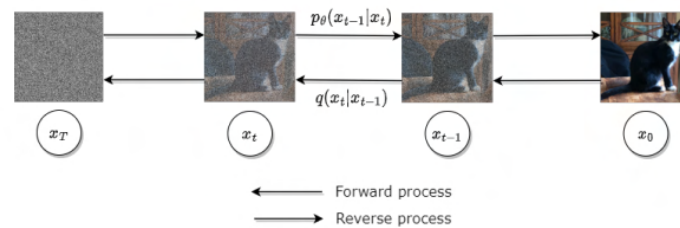
Program så som Dall-E och Midjourney använder sig av diffusionsmodeller för att generera bilder. Diffusion klarar av att producera bilder av hög kvalitet, och anses därför vara bättre än GAN.

Processen består av två delar: en framåt- och en bakåtprocess. Framåtprocessen lägger stegvis till slumpmässigt brus till en bild, tills den endast består av brus och inte kan

urskiljas. Bakåtprocessen däremot framställer en bild ur bruset genom en process som kallas Markov-kedja. Med hjälp av textprompt kan en bild skapas stegvis genom att gå igenom beskrivningen för innehållet. [6]

Problemet med diffusionsmodeller är att de blir långsammare desto högre resolution man eftersträvar, eftersom varje enskild pixel måste renderas.

<https://arxiv.org/pdf/2209.04747.pdf> <https://arxiv.org/pdf/2302.10913.pdf>



Figur 5.6: Diffusionsmodell. [6]

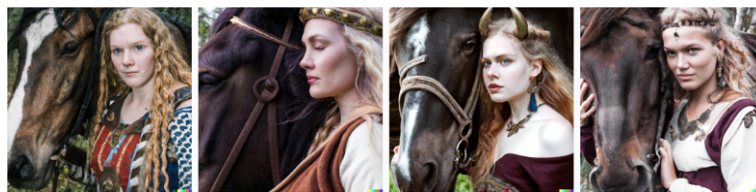
5.2 Datainsamling

- varifrån kommer alla data?
- program som skrapar internet och konstnärers konstportfolier för att samla miljontals bilder att öva på
- alt-text på bilderna i webbsidorna, vilket möjliggör att programmen kan koppla ihop bild med text
- web crawling
- praktiska och etiska problem

I 4 försökte jag skapa bilder av en afrikansk kvinna bredvid en elefant. Resultaten var varierande, och i två av tre av bilderna var ansikten av kvinnorna väldigt förvrängda. Detta kan ha att göra med datan som programmen har blivit tränade med. I till exempel ansiktsgenkänning, som fungerar på motsvarande sätt som genereringsprogram, finns fall av program som felaktigt känner igen en mörkhyad människa. Detta blir ett stort problem då dessa system används av myndigheter för att identifiera brottslingar. Därför är det viktigt att vara medveten om detta problem och uppmärksamma det. [8]

För att testa hur stor skillnaden blir som skapades i 4, testade jag att generera motsvarande bilder, fast med prompten *portrait of a nordic viking princess with a horse by her*

side. Det intressanta är att Dall-E skapade betydligt bättre bilder denna gång, både gällande realism, proportioner och skapade mera människolika figurer än i den föregående genereringen. Midjourney skapade igen de mest realistiska bilderna, och mellan denna generering och den föregående är kvaliteten ganska likadan. Nightcafé däremot klarade inte av att generera realistiska och trovärdiga bilder på varkendera av gångerna. På basen av detta experiment kan man dra slutsatsen att Dall-E inte har en tillräckligt täckande databas av färgade människor, eftersom man kan se en så tydlig skillnad mellan den nordiska prinsessan och den afrikanska. Även elefanterna i vissa av bilderna skapade i 4 blev orealistiska, medan hästarna i 5.1.3 blev väldigt realistiska. I figurerna 5.7, 5.8 och 5.9 visas resultaten.



Figur 5.7: Skapad med Dall-E.



Figur 5.8: Skapad med Midjourney.

Varför klarar AI fortfarande inte av att producera lika övertygande verk som människor? Detta beror på att människors hjärnor är otroligt komplexa, och man vet fortfarande inte allt om dem. Därför går det inte att simplificera med algoritmer som skulle klara av



Figur 5.9: Skapad med Nightcafé.

motsvarande uppgifter som hjärnan. Men vem säger att man inte i framtiden skulle klara av att matcha hjärnans kapacitet, eller varför inte utveckla ännu starkare algoritmer och program?

5.2.1 Språkteknologi

- promptskapande

Kapitel 6

Etiken bakom AI-genererad konst

Generering av bilder är ett kontroversiellt ämne som väcker många tankar och känslor. Speciellt bland konstnärer pågår en livlig diskussion kring ämnet. Många är rädda för att deras yrken ska försvinna, eftersom vem som helst nu kan skapa sin egen konst med hjälp av AI. I och med denna diskussion har också andra frågat uppkommit. Ska man kunna sälja sina AI-genererade bilder som sina egna konstverk eller icke-fungibla polletter (NFT) (eng. *Non-fungible token*)? För tillfället finns det inga lagar eller restriktioner på detta.

- 2018 såldes det första AI-genererade verket för 432 500 \$

År 2022 hölls en konståvling i Colorado med flera olika kategorier, bland annat digital konst. I den kategorin tävlade Jason M. Allen med sitt konstverk *Théâtre D'opéra Spatial*, som han med hjälp av Discord-servern MidJourney använt sig av för att skapa verket. Allen vann tävlingen med verket, vilket gjorde många andra konstnärer och deltagare upprörda. De ansåg att Allen fuskade, eftersom han inte målat något själv. Enligt honom själv bröt han inte mot någon regel alls. Konstverket visas i figur 6.1. [9]

Det finns många olika orsaker AI-genererad konst anses vara problematisk. En aspekt är att AI-genererade bilder är baserade på stereotypier och är partiska. Detta beror på datamängderna som programmet är tränat med. Man inte vet varifrån företagen och organisationerna tar alla data. Datan som programmet tränas med har sedan stor inverkan på hur AI:n tolkar prompten som matas in.

- kvinnosynen, POC, se artikel om sexism

Ett sätt att generera bilder i en viss stil är att i prompten skriva en konstnärs namn, vilket leder till att man kan få nya motiv som kan tros vara gjorda av konstnären själv. Medan några konstnärer anser detta vara acceptabelt, dels på grund av gratis publicitet, anser



Figur 6.1: *Théâtre D'opéra Spatial* av Jason M. Allen. [9]

många detta vara indirekt plagiat. Konstnärerna har inte själva valt att skapa bilderna. Dessutom berör detta även ämnet om varifrån datan kommer som programmen tränas med. Konstnärerna har inte möjlighet att själva bestämma ifall de vill att deras verk tas med i träningsdatan.

Det fina med AI-generering är det att det inte finns några gränser på vad man kan skapa, men detta leder också till etiska problem. Utan restriktioner kan användare fritt skapa våldsamt, skadligt eller pornografiskt material. Det finns inte heller åldersrestriktioner för programmen för tillfället. Ifall man väljer att sätta restriktioner på vad som kan skapas med programmen, finns det några synpunkter man måste fundera över. Vem bestämmer var gränser går för vad som är okej och vad som anses vara oacceptabelt? Till exempel när det kommer till nakenhet har detta förekommit i hundratals år inom traditionell konst. Däremot kan man nu med hjälp av AI skapa nakna porträtt av kända människor eller barn, vilket är väldigt oroväckande. I framtiden kommer man troligtvis behöva bestämma lagar för detta.

I och med att man kan generera vad som helst uppkommer frågan ifall alla borde få gratis tillgång till AI-program. Borde man införa en åldersgräns för att skydda barn från skadligt material? Ifall inte, kommer man behöva ha restriktioner på vad som går att generera?

Även om det i detta skede finns många problem med AI-program som måste lösas, finns också många möjligheter. AI kan ses som ett verktyg som kan jämföras med digitala ritprogram, fotoredigeringprogram eller kameran.

En övergripande fråga som ställs i samband med AI-genererade bilder är om man kan räkna dem som konstverk. Argumentet mot detta är att ett konstverk ska vara skapat av

en människa och ha ett syfte bakom sig. Dock kan man argumentera att det är människan som skriver prompten, programmet är endast verktyget för att skapa bilden.

- copyright

- deep fake, fake news

- problematisk inom rättsväsendet om bilder blir alltför trovärdiga, kan leda till felaktiga domer

Kapitel 7

Slutsats

- work in progress

Källförteckning

- [1] Hervé Abdi, Dominique Valentin och Betty Edelman. *Neural networks*. 124. Sage, 1999.
- [2] Rockwell Anyoha. ”The History of Artificial Intelligence”. I: *Science in the News* (2017). URL: <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/> (hämtad 2023-03-15).
- [3] Charles Bonchelet. ”Chapter 7 - Image Noise Models”. I: *The Essential Guide to Image Processing*. Utg. av AI Bovik. Boston: Academic Press, 2009, s. 143–167. ISBN: 978-0-12-374457-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374457-9.00007-X>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012374457900007X> (hämtad 2023-03-27).
- [4] Harsha Gangadharbatla. ”The Role of AI Attribution Knowledge in the Evaluation of Artwork”. I: *Empirical Studies of the Arts* 40.2 (2022), s. 125–142. DOI: 10.1177/0276237421994697. eprint: <https://doi.org/10.1177/0276237421994697>. URL: <https://doi.org/10.1177/0276237421994697> (hämtad 2023-03-20).
- [5] Ian Goodfellow m. fl. ”Generative Adversarial Networks”. I: *Commun. ACM* 63.11 (okt. 2020), s. 139–144. ISSN: 0001-0782. DOI: 10.1145/3422622. URL: <https://doi.org/10.1145/3422622> (hämtad 2023-03-26).
- [6] Anne-Sofie Maerten och Derya Soydaner. ”From paintbrush to pixel: A review of deep neural networks in AI-generated art”. I: *arXiv preprint arXiv:2302.10913* (2023). URL: <https://arxiv.org/pdf/2302.10913.pdf> (hämtad 2023-03-25).
- [7] Berndt Müller, Joachim Reinhardt och Michael T Strickland. *Neural networks: an introduction*. Springer Science & Business Media, 1995.
- [8] Alex Najibi. ”Racial Discrimination in Face Recognition Technology”. I: *Science in the News* (okt. 2020). URL: <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2020/racial-discrimination-in-face-recognition-technology/> (hämtad 2023-03-26).

- [9] Kevin Roose. "An A.I.-generated Picture Won an Art Prize. Artists Aren't Happy." I: *The New York Times* (2022). URL: <https://www.nytimes.com/2022/09/02/technology/ai-artificial-intelligence-artists.html> (hämtad 2023-03-20).
- [10] Thom Waite. "Most people can't distinguish between AI and human art, says a new study". I: *Dazed* (2021). URL: <https://www.dazeddigital.com/art-photography/article/52030/1/people-cant-distinguish-between-ai-artificial-intelligence-human-art-new-study> (hämtad 2023-02-24).
- [11] *What are Neural Networks?* URL: <https://www.ibm.com/topics/neural-networks> (hämtad 2023-03-25).
- [12] Joanna Zylińska. *AI art: Machine visions and warped dreams*. Open Humanities Press, 2020.