

Generative Artificial Intelligence for Dental radiography

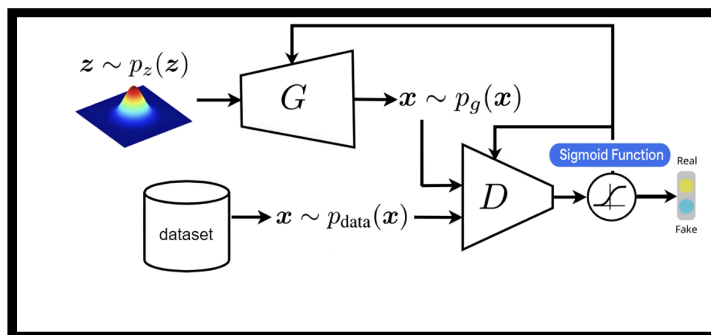
Projektbeskrivelse

Mikkel Chavez,
Søren Pedersen,
Viktor Ladehoff

1. Introduktion:

I samarbejde med projektvejleder Ruben, associate professor ved Institut for Odontologi og Oral Sundhed, fokuserer dette projekt på at udvikle et Generative Adversarial Network (GAN) for at generere syntetiske tandrøntgenbilleder. Dette tiltag adresserer et behov identificeret af forskere ved tandlægeskolen for øget tilgængelighed af syntetiske data. Disse data er nødvendige for at overkomme udfordringer med det eksisterende datasæt, herunder vanskeligheder med deling af data mellem institutioner forårsaget af forskelle i billedformater og opløsninger. Hovedmålet med projektet er at afhjælpe manglen på data, som begrænser udviklingen af prædiktive modeller, der kan forbedre diagnostik og forebyggelse inden for tandlægevidenskaben.

For at adressere hovedmålet anvender vi en GAN, som består af to neurale netværk: generator og diskriminator. Generatoren modtager en vektor af støj (tilfældige tal) og producerer et billede, der imiterer et tandrøntgenbillede. Diskriminatoren har til opgave at skelne mellem ægte tandrøntgenbilleder og de falske billeder produceret af generatoren. I denne interaktion indgår de to netværk i et såkaldt minmax-spil, hvor generatoren forsøger at 'narre' diskriminatoren med stadig mere overbevisende billeder, mens diskriminatoren bliver bedre til at afsløre forfalskningerne. Outputtet af diskriminatoren i en traditionel GAN er dermed en sandsynlighed for, at et givent input er et ægte billede. Denne sandsynlighed bruges til at beregne et loss, og derigennem nogle gradienter for henholdsvis generator og diskriminator, som bruges til at opdatere netværket i næste iteration. Minmax-spillet fører til, at begge netværk gradvist forbedres, med det ultimative mål at generatoren kan skabe billeder som er så gode, at diskriminatoren konvergerer mod en Nash-ligevægt. Dette kontinuerlige spil mellem generator og diskriminator resulterer i, at generatoren producerer stadig mere realistiske tandrøntgenbilleder. Disse billeder kan bruges til at berige databasen med tandrøntgenbilleder til forskning og undervisning.



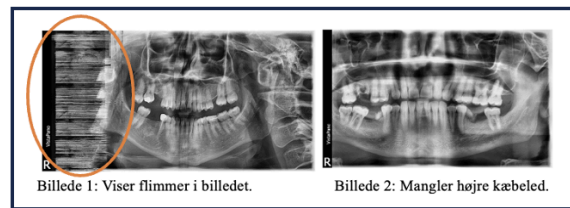
Figur 1: Illustration af traditionel GAN

Mere specifikt sigter vi efter at bygge en Deep Convolutional GAN (DCGAN) architecture, der benytter Wasserstein loss, i stedet for det generiske Binary Cross Entropy Loss, da det skulle gøre træningsprocessen mere stabil.

2. Data:

Datasættet består af omkring 2000 røntgenbilleder af tænder, hver med varierende billedkvalitet og format. Visse billeder kan indeholde fejl, såsom manglende elementer, der kan omfatte ufuldstændige dele af billedet.

Selvom billedformatet generelt ikke er af stor betydning, idet billederne bliver nedskaleret, spiller billedkvaliteten en vigtig rolle. En udfordring ved nedskalering er, at man risikerer at overse vigtige detaljer på grund af anvendelsen af en kernel, og det er netop disse manglende elementer, som kræver særlig opmærksomhed. Disse fejl kan nemlig have betydelige konsekvenser for netværkets resultater. Det er derfor essentielt at være opmærksom på følgende mangler i figur 2 ovenfor.

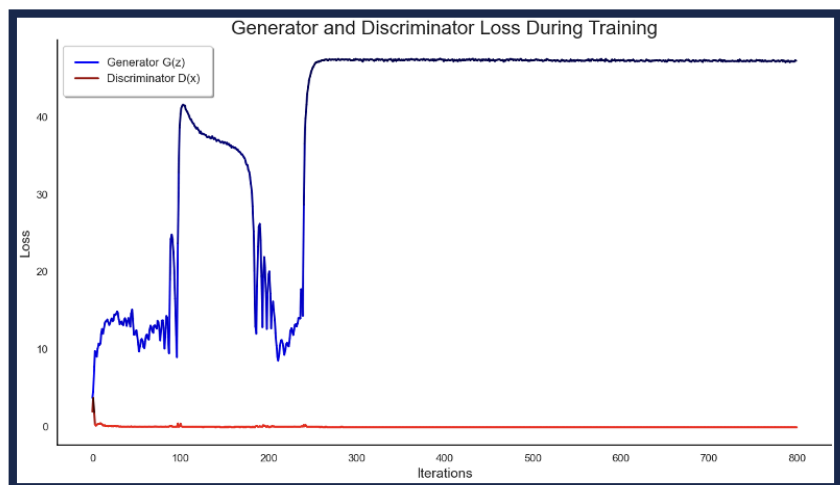


Figur 2: 2 Billeder der vise fejl og mangler.

3. Udfordringer:

En udfordring ved den traditionelle GAN-arkitektur er, at diskriminationen og generatoren har et stærkt behov for en fin balance mellem netværkene, så et netværk ikke bliver alt for god og bremser fremgangen af GAN'en som helhed, se figur 3 som eksempel. Denne udfordring kan løses ved hjælp af Wasserstein GAN (WGAN), hvor diskriminatoren bliver til en kritiker, som præcist skal estimere Wasserstein-afstanden mellem distributionen af de

genererede billeder og distributionen for ægte billeder. Dette er afgørende for WGAN's performance, da et nøjagtigt estimat af denne afstand direkte påvirker kvaliteten af graderne i generatorketværket, og dermed vil de syntetiske billeder være af højere kvalitet.



Figur 3: En graf der viser en uligevægtig træning af et traditionelt GAN.

Den primære forskel mellem den traditionelle GAN og WGAN er skiftet fra anvendelsen af Binary Cross Entropy Loss til Wasserstein Loss. I en WGAN transformeres diskriminatoren problem til en opgave, hvor man maksimerer forskellen mellem middelværdierne af den faktiske distribution og distributionen af de genererede billeder. Forfatterne af WGAN-artiklen påpeger,

at anvendelsen af Wasserstein loss kræver indførelsen af en 1-Lipschitz begrænsningen. Dette kan opnås enten gennem gradient clipping eller gradient penalty. Vi har valgt at implementere gradient penalty, da gradient clipping risikerer at resultere i enten exploding eller vanishing gradients.

$$\text{Kritikker Loss} = \underbrace{\mathbb{E}_{x \sim \mathbb{P}_r} [f(x)] - \mathbb{E}_{\tilde{x} \sim \mathbb{P}_g} [f(\tilde{x})]}_{\text{Wasserstein Loss}} + \underbrace{\lambda \mathbb{E}_{\hat{x} \sim \mathbb{P}_{\hat{x}}} [(\|\nabla_{\hat{x}} f(\hat{x})\|_2 - 1)^2]}_{\text{Gradient Penalty}}$$

Generatorens loss overgår ligeledes fra Binary Cross Entropy Loss til at minimere den negative middelværdi af kritikerens loss baseret på distributionen skabt af generatoren.

$$\text{Generator Loss} = -\mathbb{E}_{\tilde{x} \sim \mathbb{P}_g} [f(\tilde{x})]$$

En anden udfordring vedrører vores datasæt. Der er betydelige variationer mellem de billeder, vi har modtaget fra forskellige institutioner. Dette indebærer, at der er behov for omfattende datarensning for at standardisere inputdata, samtidig med at der bevares variation i de anatomiske strukturer af tænderne.

4. Forventet produkt:

Projektet vil resultere i oprettelsen af en GitHub-repository, hvor al koden til Wasserstein GAN vil blive opbevaret. I denne repository vil der også være en dedikeret mappe til den gemte Wasserstein GAN-model, som vil være tilgængelig til fremtidig brug. Derudover vil der være en tredje mappe indeholdende et katalog af syntetisk genererede data produceret af vores model. Afslutningsvis i vores README-fil vil der være en kort beskrivelse af projektet samt en personlig kommentar fra vores forsker om kvaliteten af de syntetiske billeder.