

# Prinsipalkomponenter

Prosjekt støttet av Norsk Kulturråd (NKR ref. nr. 15/4654-3)  
Museumsprogram: Digital utvikling

**Sluttrapport 28. april 2017**

Nasjonalmuseet for kunst, arkitektur og design  
Pb. 7014 St. Olavs plass  
0130 Oslo

Tlf.: (+47) 21 98 20 00  
Org. nr.: 985 686 09

## Innholdsfortegnelse

Innledning.....	3
1. Resultater .....	4
2. Prosjektfaser .....	5
2.1 Datahøsting og testing .....	5
2.2 Iconclass-analyse .....	5
2.3 Utvikling av webapplikasjon.....	7
2.4 Formidling.....	7
3. Ressursbruk.....	8
Takk .....	8

## Innledning

Som tilskuddsmottaker i Museumsprogrammet for digital utvikling leverer Nasjonalmuseet for kunst, arkitektur og design denne sluttrapporten til Kulturrådet for det toårige utviklingsprosjektet *Prinsipalkomponenter*. Her gir vi en oppsummering i forhold til plan og budsjett, som levert i prosjektsøknaden til Kulturrådet 5.mai 2015 og reviderte utgaver<sup>1</sup>. Prosjektet er gjennomført som beskrevet i søknaden til Kulturrådet.

### Beskrivelse

#### Hva

Prinsipal komponentanalyse ved hjelp av nevrale nettverk og algoritmer.

#### Hvorfor

For å lette det tidkrevende, Sisyfos-liknende arbeidet med å produsere og publisere mest mulig kunstfaglige metadata, har vi i prosjektet *Prinsipalkomponenter* prøvd ut nye maskinelle metoder for høsting og formidling av samlingsdata.

#### Hvem

Prosjektgruppen bestod av:

Prosjektleder: Gro Benedikte Pedersen, fagkoordinator, Nasjonalmuseet.

Magnus Bognerud, fagkonsulent, Digital samlingsforvaltning, Nasjonalmuseet.

Dag Hensten, seniorrådgiver, Avd. kommunikasjon, Nasjonalmuseet.

Even Westvang, teknolog og designer hos Bengler.

Audun Mathias Øygard, maskinlæringsspesialist og Data scientist.

Prosjekteier: Françoise Hanssen-Bauer, avdelingsdirektør Samlingsforvaltning, Nasjonalmuseet.

#### Når

Prosjektet ble gjennomført i perioden 10. oktober 2015 – 28. april 2017.

---

<sup>1</sup> *Plan og budsjett Prinsipalkomponenter, Statusrapport og Oppdatert fremdriftsplan/budsjettsskisse*, levert Kulturrådet henholdsvis 7.10.15, 22.6.16 og 31.8.16.

## 1. Resultater

### **Ny innsikt i/ av maskinsyn**

Vi har trent opp en algoritme til å identifisere og markere motiver. Ved hjelp av uttestingen av kunstig intelligens har vi fått nye innfallsvinkler til samlingene våre. Algoritmens prinsipale komponentanalyse lar oss sammenstille likheter og ulikheter på en ny måte og tillater en maskinell klassifisering av verkene våre etter motiv, komposisjon, fargebruk og stil. Se 2.1 *Datahøsting og testing*.

### **Autogenererte motivemneord**

Gjennom gjenbruk av maskinelt produserte klassifiseringer, strukturert etter konvensjonell kunsthistorisk ikonografi, har vi funnet ytterligere nytteverdi i algoritmens informasjonsuthenting fra bildefilene. Med automatisk generering av motivemneord har vi lagt til rette for innlemming av nye deskriptive metadata i verkens standardinformasjon i den digitale bestandskatalogen. Se 2.2 *Iconclass-analyse*.

### **Nettsideapplikasjon**

Våre teknisk-teoretiske analyser har resultert i et rammeverk som vi benytter som fundament til en ny applikasjon på nettsidene våre. Applikasjonen fungerer som et søkeverktøy som gir oversikt over hele samlingen i ett bilde. Ved algoritmens hjelp har vi gruppert kunst med likhetstrekk og visualisert samlingen i et for brukerne fugleperspektivliknende bilde. Publikum kan muse over sammenstilte bilder som likner hverandre eller zoome inn for mer detaljer om hvert verk. Applikasjonen er integrert med samlingssøket vårt, slik at publikum får tilgang via hovedsiden eller kan gå via enkeltverk på samlingssidene våre om ønskelig. Se 2.3 *Utvikling av webapplikasjon*.

### **Teoretisering**

Prosjektet har muliggjort teoretisering av grensene mellom kunsthistorie og robotikk, noe vi har formidlet i flere konferanseinnlegg, seminarer og skriftlige innlegg i nettverket underveis i prosessen. Se avsnitt 2.4 *Formidling*.

## 2. Prosjektfaser

### 2.1 Datahøsting og testing

Datahøstingen og testingen åpnet muligheter vi ikke hadde forutsett. Samtidig viste det seg å ta lenger tid enn planlagt å få tilgang til større datasett med kunstfaglige gode metadata. Testperioden ble derfor utvidet med åtte uker. Vi tok først utgangspunkt i et nevralt nettverk som var trent på ImageNet, skrevet i *Caffe*<sup>2</sup>, utviklet av Autonomous Perception Research Lab ved Berkeley<sup>3</sup>. Videre re-trente vi dette på klassifiseringer av kunstretninger i bilder fra Wikiart collection. Algoritmen identifiserte og markerte deretter objekter i avbildninger av maleriene våre. Videre trente vi nettverket på klassifiseringer av kunstretninger, for så å legge til en visning med en t-SNE algoritme (**t**-distributed **s**tochastic **n**eighbor **e**mbedding)<sup>4</sup>. T-SNE algoritmen tar mangedimensjonale systemer og reduserer dem til en todimensjonal layout. Den grupperer bilder etter motivlikhet, teknikk, komposisjon og fargebruk. Vi bestemte oss for å utvikle dette resultatet å bruke det som utgangspunkt for enkle brukergrensesnitt for sluttbrukere som navigerer i samlingene på nettet. Derfor utforsket vi visualiseringsmetoder som: 2d versus 3d t-SNE, «clustering» (gruppering) og tidsbilder.

Deretter eksperimenterte vi med ulike resultater av ansiktsgjenkjenning, gjennom nevrale nettverk og funksjoner fra OpenFace<sup>5</sup>, noe som ga gode resultater på malerisamlingen vår, og vi har muligheten til enkelt å sette opp «hvem likner du på i samlingen?» som et interaksjonsverktøy. Vi analyserte også klassifisering av kjønn og alder. I tillegg til dette analyserte vi komposisjon, fargebruk og stil ved hjelp av «neural style». På billedkunstsamlingen vår testet vi først ut bildegjenkjenning innenfor rammene figurer, ansikt, humør, alder, kjønn og typiske/utypiske verk per tiår. Vi testet og fintrente algoritmen på stil og motiv generelt, og vi utvidet omfanget ved å bruke metoden på alle verkstyper i samlingen i tillegg til maleri.

I tillegg forsøkte vi å sette algoritmen til å generere bilder ved hjelp teknikken Deep Convolutional Generative Adversarial Networks (DCGAN). Ved å kombinere to nevrale nettverk – ett som gjenkjenner bilder, satt opp mot et annet som lærer å lage bilder som kan lure det første - produserte algoritmen landskapsmalerier som til forveksling kan minne om nasjonalromantiske landskapsmotiver i samlingen. Se en kortfilm av resultatet her <http://bengler.no/principalcomponents>. For mer informasjon eller illustrasjoner fra testfasene, se hjemmesidene til Nasjonalmuseet og Bengler.

### 2.2 Iconclass-analyse

Et av hovedmålene med prosjektet var å forsøke å trene algoritmen på klassifikasjonssystemet Iconclass<sup>6</sup>. Via databasen *Arkyves*<sup>7</sup> fikk vi tilgang til større

---

<sup>2</sup> Caffe kan sammenliknes med for eksempel Torch, utviklet av teknikere i Facebook, Twitter og Google

<sup>3</sup> <http://bvlc.eecs.berkeley.edu/>.

<sup>4</sup> Mer om t-SNE her: <http://lvdmaaten.github.io/tsne/> og <http://cs.stanford.edu/people/karpathy/cnnembed/>

<sup>5</sup> OpenFace: <http://cmusatyalab.github.io/openface/>

<sup>6</sup> Iconclass: <http://www.iconclass.nl/home>

datasett, inkludert Rijksmuseums samling, som også har likheter med vår samling. Resultatet av den Iconclass-opptrente algoritmen ga delvis meningsfulle tolkninger av innholdet i vår samling for overordnede motivkategorier. Men for mer spesialiserte klassifikasjoner var det ikke vellykket. Algoritmen avdekket strukturell irrasjonalitet der hierarkienes underkategorier ikke nødvendigvis korresponderer med hovedkategoriene på en enkel, maskinlesbar måte. For eksempel kunne ikke selvportrett av kunstnere slås sammen når yrkesklasser og sosiale strukturer er skilt fra hverandre i Iconclass. Algoritmen fikk derfor problemer med utredning av logiske, semantiske sammenhenger. Etter å ha analysert dette videre, fant vi ut at både rettighetsproblematikk og høye kostnader (for høye for vårt prosjekt) vil være bundet til videreutviklingen av dette. Vi bestemte likevel å trene algoritmen på Rijksmuseums samling, via deres API og de 300 000 arbeidene som var tilgjengelige.

Selv om det ble mindre vellykket med vår inngangsmetodikk for å tolke og hente ut riktig resultat for de mest spesifikke Iconclass-kategoriene, fungerte algoritmens analyse av hovedkategorier. Bruk av kun de mest overordnede Iconclass-kategorier ble derfor resultatet av denne testperioden. Vi kartla deretter Iconclass' motivord mot Nasjonalmuseets emneordslister og Feltkatalogens liste A.2.5 Motivtype (B, F)<sup>8</sup>. Eksempler på fungerende, overordnede kategorier er gitt i fig.1 Iconclass.

Fig.1 Iconclass

Iconclass ID	Iconographic subject (textual correlate).	Iconclass ID	Iconographic subject (textual correlate).
0	abstract, non-representational	46C13141	horse
11G	angels	25H	landscapes
25F	animals	25H2321	ocean
45H3	battle	41B1	open fire (in general)
25H133	beach	25G	plants
7	bible	46C131	riding a horse, ass, or mule, horseman
25F3	birds	25H213	river
46C232	boat, canoe, etc.	46C24	sailing-ship/boat
43B141	botanizing	47I213	sheep
47I211	bovine cattle	43C245	skis (winter sports)
41A12	castle	26D1	snow
31D112	child	43C	sports, games and physical performances
43C7	children's games and plays	31A	the nude human figure
11D	christ	11F	the virgin mary
11Q712	church (exterior)	48C85	theatre, theatrical performance
25I	city-view	25G3	trees
34B11	dog	49L	writing and letters
25I3	farm or house in landscape	41E	still life of miscellaneous objects
25H15	forest, wood	46C13141	horse
25H1111	glacier	25H	landscapes
61B	historical persons	25H2321	ocean

<sup>7</sup> Arkyves inneholder samlinger av ICONCLASS-brukere, som Rijksmuseum, Nederlandsk institutt for kunsthistorie, Herzog August Bibliotek, universitetsbibliotekene i Milano, Utrecht, Glasgow og Illinois. <http://arkyves.org>

<sup>8</sup> *Feltkatalog for kunst- og kulturhistoriske museer*, Norsk Museumsutvikling (NMU), 2002.

[http://issuu.com/norsk\\_kulturrad/docs/feltkatalog?mode=window&viewMode=doublePage](http://issuu.com/norsk_kulturrad/docs/feltkatalog?mode=window&viewMode=doublePage)

### 2.3 Utvikling av webapplikasjon

Alle testene nevnt innledningsvis ga interessante resultater som det kunne være relevant å analysere videre. Av hensyn til prosjektrammens tid og ressurser måtte vi gjøre et nedskalert utvalg, og vi bestemte oss for stil- og motivanalyse i maleri-, tegning-, grafikk-, foto- og designsamlingene våre. Vi valgte grupperinger med nabolag av bilder, visualisert med hjelp av et «fish-eye»-verktøy for å gi programmet et tredimensjonalt uttrykk.

Slutresultatet er en søkeapplikasjon som finner og samler verk som likner hverandre og som gjelder for nesten hele Nasjonalmuseets samling; eldre og moderne kunst (minus skulptur), samtidskunst (minus installasjoner), kunsthåndverk/ design og arkitekturfoto. All informasjon om egne verk henter vi ut via Digitalt museums API, og applikasjonen oppdateres automatisk etter hvert som innholdet endres og nye kunstverk tilgjengeliggjøres. Med dette fikk vi inn mest mulig innhold i applikasjonen etter de gitte rammene, og applikasjonen kan brukes som et søkeverktøy i tillegg til det tradisjonelle tekstsøket<sup>9</sup>. Kildekoden har vi publisert på Nasjonalmuseets Github<sup>10</sup>.

### 2.4 Formidling

I tillegg til nettverksmøter og museumsmøter har vi presentert prosjektet med skriftlige innlegg på tre konferanser; på den nordiske konferansen for digital humaniora, 17. mars 2016 på Blindern, Oslo, i sesjonen *Art History*<sup>11</sup> - På den internasjonale ICOM/CIDOC konferansen 7. september 2015 på The National Museum Institute, New Delhi, India, i sesjonen *Techniques and Methods of Documentation*<sup>12</sup> – og på kunsthistoriekonferansen NORDIK 2015, på The Nordic house i Reykjavik, Island, i sesjonen *Digital Art History, a new frontier in research.*<sup>13</sup>

---

<sup>9</sup> Applikasjonen kan testes her: [http://vy.nasjonalmuseet.no/?collection=painting\\_subject&id=NG.M.00109&lang=no](http://vy.nasjonalmuseet.no/?collection=painting_subject&id=NG.M.00109&lang=no)  
[http://vy.nasjonalmuseet.no/?collection=painting\\_style&id=NG.M.00109&lang=no](http://vy.nasjonalmuseet.no/?collection=painting_style&id=NG.M.00109&lang=no)

<sup>10</sup> <https://github.com/nasjonalmuseet/propinquity>.

<sup>11</sup> Publiserte Abstracts finnes her: <http://www.hf.uio.no/iln/english/research/networks/digital-humanities/news-and-events/events/2016/pdf/bofab.pdf>. Les om *Prinsipalkomponenter* på side 55 ff. DHN 2016 [http://dig-hum-nord.eu/?page\\_id=34&lang=sv](http://dig-hum-nord.eu/?page_id=34&lang=sv)

<sup>12</sup> Innlegget er publisert i artikkelform her:

[http://network.icom.museum/fileadmin/user\\_upload/minisites/cidoc/ConferenceGuidelines/2015\\_Cidoc\\_Paper\\_Mr\\_Bognerud\\_and\\_Mrs\\_Pedersen\\_with\\_figs\\_authors.pdf](http://network.icom.museum/fileadmin/user_upload/minisites/cidoc/ConferenceGuidelines/2015_Cidoc_Paper_Mr_Bognerud_and_Mrs_Pedersen_with_figs_authors.pdf) /CIDOC 2015 <http://network.icom.museum/cidoc/>

<sup>13</sup> NORDIK 2015 <http://nordicarthistory.org/>.

### 3. Ressursbruk

Toårig prosjektbudsjett for 2015 og 2016	NOK
Tildeling Kulturrådet	250 000
Midler Nasjonalmuseet	75 000
<b>Sum:</b>	<b>325 000</b>

Ressursbruk per 28.4. 17	NOK
Eksterne konsulenter	250 000
Fagkonsulenter Nasjonalmuseet	75 000
<b>Sum:</b>	<b>325 000</b>

### Takk

Vi takker Kulturrådet for prosjektstøtte og interessante fagsamlinger underveis i programmet for digital utvikling i museene. En stor takk rettes også til Hans Brandhorst (Editor of Iconclass & Arkyves) og Reem Weeda (Information specialist terminologies, RKD – Netherlands Institute for Art History/ IT & Digitisation) for tilgang til datasettene deres og den svært velvillige innstillingen til våre stadige henvendelser. Ytterligere vil vi takke Even Westvang; uten hans skråblikk på kunsthistoriefaget, evige optimistiske ideer og løsningsorienterte innstilling hadde prosjektet ikke blitt realisert. Til slutt en spesiell takk også til Audun Mathias Øygarden, for å ha delt sin spesialkunnskap om maskinlæring, for alltid forståelsesfulle klargjøringer for oss uinnvidde og ikke minst; hans ulenkelige bearbeiding av algoritmene i prosjektet.

Oslo, den 28.4.17

På vegne av prosjektgruppen,

Sign.  
Gro Benedikte Pedersen  
Fagkoordinator Digital samlingsforvaltning  
[gro.pedersen@nasjonalmuseet.no](mailto:gro.pedersen@nasjonalmuseet.no)

Sign.  
Françoise Hanssen-Bauer  
Avdelingsdirektør samlingsforvaltning  
[Francoise.bauer@nasjonalmuseet.no](mailto:Francoise.bauer@nasjonalmuseet.no)