

# **Tekoälyn hyödyntäminen kuvanvärjäyksessä**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Tietojenkäsittelyn koulutus  
syksy, 2020

Veeti Polsa

Tietojenkäsittelyn koulutus

Tiivistelmä

Tekijä Veeti Polsa

Vuosi 2023

Työn nimi Tekoölyn hyödyntäminen kuvanvärjäyksessä

Ohjaaja Lasse Seppänen

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kuvanvärjäykseen käytettävien tekoölyohjelmien nykyistä tasoa vertailemalla kahta suosituinta tähän tarkoitukseen luotua ohjelmaa. Työ käsittelee myös ammattilaisen tekemää kuvanvärjäystä ja miten se eroaa tekoölystä niin metodeiltaan kuin tulokseltaan. Huomioon otetaan myös tekoölyn käytön vaikutus alalla.

Opinnäytetyö on tutkimuksellinen. Opinnäytetyön tietopohja koostuu tekoölyyn ja kuvanvärjäykseen liittyvästä kirjallisuudesta sekä internetistä löytyvistä artikkeleista. Tekoölyjen vertailu tapahtuu muokkaamalla alkuperäinen värillinen valokuva mustavalkoiseksi ja vertaamalla tekoölyn värjäämiä versioita kuvasta toisiinsa ja alkuperäiseen, näin selvittäen tekoölyjen heikkoudet ja vahvuudet. Tekoölyä verrataan alan ammattilaisen värjäykseen käyttäen vanhoja mustavalkoisia sotakuvia.

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että vaikka tekoölyn tuottamat kuvanvärjäykset ovat vaikuttavia yksinkertaisissa tehtävissä, yksityiskohtien lisääntyessä työn laatu alkaa heikentyä. Tämä voi olla hyväksyttävää yksityishenkilöiden käyttötarkoituksissa, mutta esimerkiksi historia-aiheisissa julkaisuissa vanhojen valokuvien yksityiskohdat ovat tärkeitä, jolloin tekoölyn käyttöä nykyisessä tilassaan ei voida suositella. Kun tekoölyä verrattiin ammattilaisen värjäykseen, huomattiin myös ero värjäyksen yleisessä laadussa. Vaikka vertailussa käytetyt tekoölyohjelmat osittain onnistuivat edellä mainituissa yksityiskohdissa, tekoöly ei kykene saavuttamaan samaa värien syvyyttä ja elävyyttä, jonka ammattilainen voi saavuttaa käyttäen nykyaikaisia kuvanmuokkausohjelmia.

Avainsanat: Tekoöly, kuvanvärjäys, kuvanmuokkaus

Sivut: 36 sivua ja liitteitä 1 sivu

Degree Programme in Business Information Technology      Abstract  
Author      Veeti Polsa      Year 2023  
Subject      The use of artificial intelligence in photo colorization  
Supervisor      Lasse Seppänen

---

## ABSTRACT

The purpose of this thesis was to examine the use of artificial intelligence in colorizing black and white photographs by comparing two of the most popular AI-colorization programs available today. The thesis also compares photos colorized by AI to the work of a professional in the field and how the two differ in the methods used and the result. The use of AI and its effects on the field was also considered.

The thesis is theoretical. The information presented in the thesis is based on literature related to AI and photo colorization as well as articles found on the internet. The comparison between the two programs is done by editing a colored photo to be black and white, and then the colorized versions of both programs to the original photo to find the strengths and weaknesses of the programs. The comparison to professional photo colorization is done using old black and white war photos.

Based on the findings of the comparisons we can deduce that even though the AI's colorizations can be acceptable given a simple enough task, if the photo presented has more detail the AI starts make more mistakes. This can be deemed acceptable for private use, but in the case of for example historical publications, these details matter much more, and the use of AI can't be recommended. When compared to a professional's work, we can also notice a difference in overall quality of the colorization. Even though the AI managed to get some details right in the examples, it cannot achieve the same level of depth and lifelikeness in the photos that a professional can with modern photo editing software.

Keywords:      Artificial intelligence, photo colorization, photo editing

Pages:      36 pages and appendices 1 page

## **Sanasto**

Tekoäly      Tietokoneohjelma, joka jäljittelee ihmisen älykkyyttä

## Sisällysluettelo

1	Johdanto .....	1
2	Tekoäly.....	2
2.1	Tekoälyn historia .....	2
2.2	Tekoälyn määritelmä .....	3
2.2.1	Ihmisen korvaaminen tekoälyllä .....	3
3	Kuvanvärjäys.....	5
3.1	Kuvanvärjäyksen historia .....	5
3.2	Nykyaikainen kuvanvärjäys .....	5
3.3	Tekoälyn käyttö kuvanvärjäyksessä .....	6
4	Vertailtavat tekoälyt ja ammattilais-kuvanvärjäjä .....	7
4.1	Palette.fm.....	7
4.2	MyHeritage .....	7
4.3	JPColorization.....	8
5	Tutkimuksen toteuttaminen .....	9
5.1	Eläin- ja luontokuvat .....	9
5.1.1	Esimerkki 1 .....	9
5.1.2	Esimerkki 2 .....	11
5.2	Rakennukset.....	13
5.2.1	Esimerkki 1 .....	13
5.2.2	Esimerkki 2 .....	16
5.3	Vanhat mustavalkokuvat .....	18
5.3.1	Esimerkki 1 .....	18
5.3.2	Esimerkki 2 .....	21
5.4	Johtopäätökset.....	24
6	Yhteenveto .....	26
	Lähteet.....	27

## Kuvat, ohjelmakoodit ja taulukot

Kuva 1 Alkuperäinen kuva .....	10
--------------------------------	----

Kuva 2 Palette.fm värjäämä.....	10
Kuva 3 MyHeritagen värjäämä .....	11
Kuva 4 Alkuperäinen kuva .....	12
Kuva 5 Palette.fm värjäämä.....	12
Kuva 6 MyHeritagen värjäämä .....	13
Kuva 7 Alkuperäinen kuva .....	14
Kuva 8 MyHeritagen värjäämä .....	15
Kuva 9 Palette.fm värjäämä.....	15
Kuva 10 Palette.fm värjäämä, tekstipromptia muokattu.....	16
Kuva 11 Alkuperäinen kuva .....	17
Kuva 12 Palette.fm värjäämä .....	17
Kuva 13 MyHeritagen värjäämä .....	18
Kuva 14 Alkuperäinen mustavalkoinen kuva .....	19
Kuva 15 Ammattilaisen värjäämä.....	20
Kuva 16 Palette.fm värjäämä .....	20
Kuva 17 MyHeritagen värjäämä .....	21
Kuva 18 Alkuperäinen mustavalkoinen kuva .....	22
Kuva 19 Ammattilaisen värjäämä.....	22
Kuva 20 Palette.fm värjäämä .....	23
Kuva 21 MyHeritagen värjäämä .....	23

## **Liitteet**

Liite 1	Aineistohallintasuunnitelma (pakollinen kaikille)
Liite 2	Liitteen nimi

## 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia kuvanvärjäystekoölyn tämänhetkistä tasoa vertaamalla kahta suosittua tekoölyä toisiinsa. Verrattavina tekoölyinä ovat Palette.fm ja MyHeritagen ostama DeOldify.

Teoriaosassa käsitellään lyhyesti tekoölyn historiaa ja määritelmää, sekä tekoölyn käyttömahdollisuuksia nyt ja tulevaisuudessa. Lisäksi käsitellään myös kuvanvärjäyksen historiaa, nykyaikaista kuvanvärjäystä, sekä tekoölyn käyttöä kuvanvärjäyksessä.

Käytännönosassa tekoölyjä verrataan värjäämällä mustavalkoiseksi muokattuja värikuvia ja tutkimalla tekoölyjen tekemiä virheitä. Lisäksi tekoölyjen värjäyksen tulosta verrataan myös ihmisen värjäämiin mustavalkoisiin kuviin. Tulosten perusteella arvioidaan tekoölyn työn tasoa ja vastataan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Missä tekoöly onnistuu parhaiten/huonoiten?
- Miten perinteinen ja tekoölyllä toteutettu kuvanvärjäys eroavat toisistaan?
- Mitkä ovat tekoölyn rajoitukset?
- Kuinka lähellä tekoöly on valmiutta esim. kaupallisiin käyttötarkoituksiin?

## 2 Tekoäly

Tässä luvussa käsitellään tekoälyn määritelmää ja historiaa, sekä ihmisen korvaamista tekoälyllä työelämässä.

### 2.1 Tekoälyn historia

Jo tuhansia vuosia ennen tietokoneen ja tekoälyn keksimistä, konseptina ihmisen luomasta älykkästä koneesta on puhuttu monessa yhteydessä. Jo antiikin Kreikan mytologiassa puhuttiin Taloksesta, ihmisen rakentamasta elävästä pronssisesta jättiläisestä, jonka tehtävä oli suojella Kreetan saarta. (Theoi Project, n.d.) 1600-luvulla filosofi ja matemaatikko Gottfried Wilhelm Leibniz näki mahdollisena älykkään koneen, joka pystyisi selvittämään ihmisten erimielisyyksiä käyttäen logiikkaa. (Buchanan, 2005) Ihmisen luoma älykäs elämä on ollut toistuva elementti tieteiskirjallisuudessa jo kauan ennen kaikkein alkeellisimpien tekoälyjen luomista. Yksi tunnetuimmista tieteiskirjallisuuden romaaneista, Mary Shelley'n vuoden 1818 *Frankenstein. Uusi Prometheus*, on hyvä esimerkki tarinasta, joka tutkii ihmisen luoman älykkään elämän seurauksia.

1950-luvulla tekoälyn kehityksen voidaan sanoa varsinaisesti alkaneen. Vuonna 1950 matemaatikko Alan Turing julkaisi kuuluisan artikkelinsa "Computing machinery and intelligence", jossa hän puhui ajattelemiseen kykenevistä koneista. Artikkelissaan Turing esitteli kokeen, jota hän itse kutsui nimellä "The Imitation Game". Lyhyesti kuvattuna, kokeen mukaan kone, joka kykenee keskustelemaan tekstin välityksellä ihmisen kanssa niin, että lukija uskoo keskustelevansa toisen ihmisen kanssa, voidaan sanoa koneen kykenevän ajattelemaan. Myöhemmin koetta alettiin nimittää kehittäjänsä mukaan Turingin testiksi. (Turing, 1950)

Vuonna 1956 Dartmouthin yliopistossa pidetyssä kokouksessa lukuisia tutkijoita useilta eri aloilta kokoontui keskustelemaan teorioista ajattelevista koneista. Tämän kahdeksan viikkoa kestäneen työpajan tuloksena tekoälyn tiedekunta perustettiin. Yksi kokouksen järjestäjistä John McCarthy ehdotti näille ajatteleville koneille tänä päivänä käytettyä nimitystä "artificial intelligence", tekoäly. (McCarthy, 2005)

## 2.2 Tekoölyn määritelmä

Tekoöly on vaikea termi määritellä, mutta yleisesti tekoölyn ymmärretään tarkoittavan tietokoneohjelmaa, joka osaa suorittaa toimintoja, joihin normaalisti vaadittaisiin ihminen. Tekoöly jaetaan nykyään kahteen eri luokkaan, heikkoon ja vahvaan tekoölyyn. Heikot tekoölyt ovat hyödyllisiä rajatuissa tehtävissä ja niiden tarkoitus on vain simuloida aitoa älykkyyttä. Vahva tekoöly taas tarkoittaa tietokoneohjelmaa, joka kykenee ihmiseen rinnastettavaan tietoisuuteen. Kaikki tämänhetkinen tekoöly luokitellaan heikoksi tekoölyksi, eivätkä asiantuntijat ole varmoja, että vahvan tekoölyn kehittäminen olisi mahdollista. (Copeland, 2023)

Vaikka vahvaa tekoölyä ei tänä päivänä ole vielä pystytty kehittämään, useat heikot tekoölyt jäljittelevät vahvaa tekoölyä hyödyntäen koneoppimista. Käytännössä koneoppimisessa tekoöly hyödyntää sille ohjelmoituja algoritmeja oppiakseen itsenäisesti käyttäen sille syötettyä dataa. Alun perin koneoppimisen avulla tietokoneita opetettiin suorittamaan yksinkertaisia toimintoja, kuten pelaamaan shakkia, mutta nykyään sillä voidaan tuottaa tekoölyä, joka kykenee huomattavasti monimutkaisempiin tehtäviin. Hyviä esimerkkejä heikosta tekoölystä, joka koneoppimisen avulla kykenee jäljittelemään vahvaa tekoölyä ovat itse ajavat autot ja keskustelu botit. Nämä molemmat pystyvät suorittamaan monimutkaisia tehtäviä lähes ihmisen tasolla, koska ne ovat koulutettu tekemään niin koneoppimisen avulla. (Copeland, 2023)

Heikon ja vahvan tekoölyn lisäksi on olemassa myös kolmas, teoreettinen taso tekoölylle, niin sanottu supertekoöly. Supertekoöly tarkoittaa tekoölyä, joka ei ainoastaan ole saavuttanut ihmisen tasoista päättelykykyä ja tietoisuutta, mutta on ohittanut ihmisen älykkyydessä. Vaikka supertekoöly on täysin teoreettinen käsite tänä päivänä, tekoölyn nopean kehityksen vuoksi asiantuntijoiden mielestä tämä mahdollinen uhka on silti huomioitava. (Bostrom, 2014)

### 2.2.1 Ihmisen korvaaminen tekoölyllä

Tekoölyn kehittyessä ja kyetessä yhä monimutkaisempiin tehtäviin, väistämättä herää kysymys, voisiko ihmisen korvata tekoölyllä työelämässä. Tekoölyä käytetäänkin nykyään tehtävissä, joihin

ennen olisi tarvittu ihminen. Esimerkiksi Amazon on alkanut käyttää tekoälyn ohjaamia lennokkeja lyhyen matkan toimituksia varten ja monet yritykset käyttävät verkkosivuillaan tekoälyä asiakaspalvelijana.

Tekoälyn tämänhetkisten rajoitusten vuoksi ihmistä ei kuitenkaan voida täysin korvata työelämässä. Todellisuudessa olisi realistisempaa sanoa, että tekoäly ja ihminen auttavat toisiaan. Tekoäly ei kykene suorittamaan tehtäviään, ellei ihminen kouluta sitä koneoppimisen avulla. Työtehtävissä käytettävää koneistoa, sekä sitä ohjaavaa tekoälyä tulee myös ylläpitää jatkuvasti ja tähänkin tehtävään tarvitaan ihminen. Vastaavasti tekoälyn prosessointinopeus voisi helpottaa ihmisen työtaakkaa huomattavasti, vähentäen yksinkertaisiin tehtäviin kulutettua aikaa, joka voidaan kohdentaa monimutkaisempiin työtehtäviin, joihin tekoälyä ei voida hyödyntää. Täten, vaikka tekoäly ei nykyisessä tilassaan kykenisi korvaamaan ihmistä, tulevien vuosien aikana tulemme varmasti näkemään tekoälyn tuomia muutoksia työelämässä.

### 3 Kuvanvärjäys

Tässä luvussa käsitellään lyhyesti kuvanvärjäyksen historiaa, menetelmiä, sekä tekoälyn tuomia muutoksia alalla.

#### 3.1 Kuvanvärjäyksen historia

Kun kamerat alkoivat yleistyä 1800-luvulla, valokuvista puuttui yhä yksi tärkeä elementti, väri. Ihmiset olivat tottuneet valokuvia edeltäneisiin värikkäisiin maalauksiin, joten monet valokuvaajat alkoivat lisätä kuviinsa värejä itse erilaisilla menetelmillä. Aikaisimmat tunnetut kuvanvärjäykset ovat tehty värjäämällä koko valokuva vain yhdellä värillä, yleensä käyttäen sinisen tai punaisen haaleita sävyjä. 1940-lukuun asti, jolloin värikuvauksia yleistyi, kuvanvärjäyksen standardi menetelmä oli käsin maalaaminen. Kuvanvärjäys käsin maalaamalla oli pitkä ja vaativa prosessi, ja sen takia värikuvat olivat myös hyvin kalliita. (InstaRestoration, 2020)

Ensimmäinen tunnettu maalari, jonka tiedetään värjänneen valokuvia tällä menetelmällä, on sveitsiläinen Johann Baptist Isenring. Hänen aikaisimmat työnsä ovat kadonneet aikojen saatossa, mutta hänen tiedetään aloittaneen työnsä kuvanvärjäyksen parissa jo vuonna 1839. (Historisches Lexikon der Schweiz, 2008) Värikuvauksen keksimisen jälkeen uusia valokuvia ei enää tarvinnut värjätä ja täten kuvanvärjäys on muuttunut enemmän historiantutkimukseksi.

#### 3.2 Nykyaikainen kuvanvärjäys

Nykyaikainen kuvanvärjäys sisältää muutakin, kuin vain pelkkää värien lisäämistä kuviin. Vanhojen mustavalkoisten kuvien laatu on ajan myötä heikentynyt, joten kuvanvärjääjän täytyy usein korjata kuvien haalentuneita, revenneitä tai muuten vahingoittuneita osia. Verrattuna aikaan, jolloin värikuvauksia ei ollut keksitty ja valokuvaajat usein itse värjäisivät kuviaan, nykyaikaiset kuvanvärjääjät eivät välttämättä tiedä mitä värejä heidän tulisi käyttää. Tämän takia suuri osa työhön käytetystä ajasta voi kulua taustatutkimuksen parissa. Toisaalta nykyaikana työtä helpottaa

modernimmat työvälineet. Nykyaikaisten kuvanmuokkaus sovellusten monipuolisten ominaisuuksien avulla saadaan aikaan entistä tarkempaa jälkeä.

### **3.3 Tekoälyn käyttö kuvanvärjäyksessä**

Uusin metodi kuvanvärjäyksessä on tekoälyn käyttö. Koneoppimisen avulla tietokoneohjelma on opetettu tunnistamaan esineitä ja asioita mustavalkoisista kuvista ja lisäämään oppimansa mukaan värejä kuviin. Tällaisten tekoälyjen suurin etu verrattuna ihmiseen on niiden nopeus. Ihmisen tekemänä yhden kuvan värjäys kestää tunteja, kun taas tekoäly saa valmiin tuloksen jo sekunneissa. Tekoälyn heikkous kuitenkin on huomattavissa työnlaadussa. Tekoäly ei kykene itsenäiseen ajatteluun, joten sen valitsemat värit ovat vain algoritmin parhaita arvioita. Algoritmi kohtaa usein ongelmia, jos valokuvassa on esimerkiksi paljon pieniä yksityiskohtia. Algoritmia saattaa myös hämmentää vanhoissa valokuvissa esiintyvät vauriot, jotka algoritmi vain tulkitsee osana kuvaa.

## 4 Vertailtavat tekoälyt ja ammattilais-kuvanvärjääjä

Tässä luvussa käsitellään lyhyesti työssä vertailtavat tekoälyt ja ammattilais-kuvanvärjääjä. Molemmat tekoälyt ovat käytettävissä suoraan selaimessa ja toimiakseen käyttävät syväoppimista. Kyseiset palvelut valittiin vertailua varten, koska ne ovat tämän hetken suosituimpia ja edistyneimpiä kuvanvärjäys tekoälyjä saatavilla.

### 4.1 Palette.fm

Palette.fm on selaimessa käytettävä kuvanvärjäys tekoäly, jonka on kehittänyt entinen Googlen työntekijä, ruotsalainen Emil Wallner. Sovelluksesta on saatavilla maksullinen versio, joka mahdollistaa korkearesoluutioisemmat tulokset, mutta tätä testiä varten käytämme ilmaisversiota, sillä maksullinen versio ei paranna itse värjäyksen tulosta. Mikä Palette.fm erottaa muista samankaltaisista sovelluksista on kyky kertoa tekstillä tekoälylle mitä kuvassa on, jolloin tekoäly antaa erilaisen tuloksen kerrotun perusteella. Tekoäly myös automaattisesti luo tekstin siitä, mitä se itse kuvassa havaitsee. (Palette.fm, n.d.)

Palette.fm keräsi julkisuutta vuonna 2021, kun Emil Wallner käytti tekoälyä Gustav Klimtin maalausten entisöintiin. Vuonna 1945 tuhoutuneet maalaukset saatiin entisöityä syöttämällä algoritmille tuhansittain esimerkkejä Klimtin ja muiden aikakauden maalareiden töistä ja sen jälkeen antamalla tekoälylle mustavalkoiset valokuvat tuhoutuneista maalauksista. (The Washington Post, 2021)

### 4.2 MyHeritage

MyHeritagen kuvanvärjäyspalvelu käyttää ennen DeOldifyna tunnettua tekoälyä. DeOldifyn kehitti Jason Antic ja se julkaistiin vuonna 2018. Vuonna 2020 MyHeritage osti Anticilta oikeudet kaikkein edistyneimpään versioon DeOldifysta. Tekoäly on koulutettu syöttämällä sille samoja kuvia värillisenä ja mustavalkoisena versiona pareittain. (DeOldify.ai, n.d.)

Vaikka DeOldifyn edistynyt versio on myyty MyHeritagelle, voi vanhempaa, vähemmän tarkkaa versiota edelleen käyttää ilmaiseksi. Tätä testiä varten kuitenkin käytämme MyHeritagen maksullista versiota, jotta saamme mahdollisimman hyvän kuvan tekoälyn tämänhetkisestä kyvykkyydestä.

### **4.3 JPColorization**

JPColorization taiteilijanimellä toimiva Janne Polsa on vuodesta 2017 alkaen luonut laadukkaita värjättyjä valokuvia käyttäen nykyaikaisia kuvanmuokkaus menetelmiä. Hänen työnsä keskittyy vahvasti Suomen historiaan, erityisesti talvi- ja jatkosotaan. JPColorizationin tasoinen värjäys vaatii huomattavan määrän taustatutkimusta ja työtunteja, joka voidaan katsoa ihmisen tekemän värjäyksen heikkoutena, jota tasoittaa työn laadukas tulos.

JPColorizationin työt ovat nähtävissä internetissä ja niitä on myös esitelty useissa näyttelyissä Suomessa.

## 5 Tutkimuksen toteuttaminen

Tekoälyjen työn tulosta verrataan syöttämällä niille mustavalkoiseksi muokattuja värikuvia ja vertailemalla tuloksia rinnakkain alkuperäisen ja toistensa kanssa. Lisäksi verrataan myös tekoälyjen värjäämiä vanhoja mustavalkoisia valokuvia ihmisen värjäämään kuvaan. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kuvanvärjäystekoälyn vahvuudet ja heikkoudet ja kuinka tekoälyn värjäämä kuva eroaa ihmisen värjäämästä kuvasta. Käytettävät kuvat valikoidaan siten, että niillä pystytään testaamaan tekoälyn tasoa mahdollisimman monipuolisesti.

### 5.1 Eläin- ja luontokuvat

Ensimmäisenä testattavat kuvat olivat eläin ja luontokuvia. Nämä kuvat ovat ilmeisen helppoja tekoälylle värittää, koska niissä harvemmin on ihmisen tuottamia muuttujia, joka tekee algoritmin kouluttamisesta helpompaa.

#### 5.1.1 Esimerkki 1

Esimerkkikuva Kuva 1 on kuva kissasta, joka istuu puisen paalun päällä värikkään taustan edessä. Molempien tekoälyjen värjäyksissä Kuva 2 ja Kuva 3 kuvan tausta on muuttunut suurimmalta osin harmaaksi, mutta tämä luultavasti johtuu siitä, että alkuperäisen kuvan tausta on hyvin sumea, jolloin tekoälyn on vaikea sijoittaa sille värejä. Sama ilmiö on myös huomattavissa puisen paalun värissä, jonka vihreä sammal on kadonnut molemmissa värjäyksissä. Molemmat tekoälyt ovat kuitenkin onnistuneet kissan väreissä hyvin ja valon tuomia värisävyjä lukuun ottamatta molemmat ovat hyvin lähellä alkuperäistä kuvaa.

Kuva 1 Alkuperäinen kuva



Kuva 2 Palette.fm värjäämä



Kuva 3 MyHeritagen värjäämä



### 5.1.2 Esimerkki 2

Esimerkkikuva on kuva rapsipellosta, jonka keskellä on korkea puu. Molemmat tekoälyt saivat pellon keltaisen värin kohdalleen ja puun väri näyttää myös luonnolliselta. Palette.fm ei kuitenkaan tulkinnut kuvan yläosassa näkyviä oksia täydellisesti, jonka seurauksena osa taivaasta ja pilven reunoista saavat keltaista väriä kuvassa Kuva 5. Palette.fm ei myöskään saanut taustalla näkyviä pieniä rakennuksia erottumaan yhtä selkeästi kuin alkuperäisessä tai MyHeritagen värjäämässä kuvassa Kuva 6. Molemmat värjäykset ovat alkuperäiseen verrattuna huomattavasti haaleampia väreiltään.

Kuva 4 Alkuperäinen kuva



Kuva 5 Palette.fm värjäämä



Kuva 6 MyHeritagen värjäämä



## 5.2 Rakennukset

Seuraaviksi esimerkeiksi valittiin rakennukset, joiden värien hahmottaminen on tekoälylle jo huomattavasti haastavampaa.

### 5.2.1 Esimerkki 1

Alkuperäisessä kuvassa Kuva 7 on punainen omakotitalo, jonka edessä on pensas ja pihassa on Suomen lippu. Kaikista huomattavin virhe molemmissa värjäyksissä on Suomen lipun väri, missä sininen risti on tulkittu punaiseksi. Virhettä yritettiin korjata kuvassa Kuva 10 käyttämällä Palette.fm ominaisuutta, jossa tekoälylle voidaan tekstillä kertoa mitä kuvassa on. Lisäämällä tekstikenttään sanat "finnish flag" saatiin korjattua lipun väri oikeaksi, mutta samalla tekoäly alkoi lisätä sinistä väriä talon seiniin.

Lipun väriä ja pensaan takaa näkyviä talon osia lukuun ottamatta MyHeritage sai kuvasta Kuva 8 aidon tuntuksen, kun taas Palette.fm ei erottanut talon seinää ja talon edessä olevaan pensasta, jolloin pensas värjäytyi osittain punaiseksi.

Kuva 7 Alkuperäinen kuva



Kuva 8 MyHeritagen värjäämä



Kuva 9 Palette.fm värjäämä



Kuva 10 Palette.fm värjäämä, tekstipromptia muokattu



### 5.2.2 Esimerkki 2

Alkuperäisessä kuvassa Kuva 11 on Helsingin tuomiokirkko. Kuva on valittu suhteellisen yksinkertaisen värinsä vuoksi ja molemmat tekoälyt ovat saaneet kuvasta osittain autenttisen. Molemmat kuvat ovat kuitenkin esimerkiksi vaihtaneet kirkon ovien väriä ja MyHeritage on värjännyt tuomiokirkon vihreät kupolit tummanharmaiksi kuvassa Kuva 13. Palette.fm on koittanut värjätä kupoleita oikealla värillä, mutta sekaan on tullut muita värisävyjä kuvassa Kuva 12. Huomattavaa on, että MyHeritage on lähes täydellisesti jäljitellyt alkuperäisen kuvan kirkkaan sinistä taivasta, Palette.fm sen sijaan käyttää haaleampaa väriä, jossa ei olisi mitään vikaa, ellei siihenkin olisi sekoittunut vivahteita kupoleille tarkoitetusta vihreästä väristä.

Kuva 11 Alkuperäinen kuva



Kuva 12 Palette.fm värjäämä



Kuva 13 MyHeritagen värjäämä



### 5.3 Vanhat mustavalkokuvat

Kuvanvärjäys tekoölyjen kannalta tämä on kaikista tärkein kategoria, sillä tällaisten kuvien värjäämiseen tekoölyjä käytetään eniten. Koska alkuperäisiä kuvia ei ole olemassa värillisinä, tekoölyjen tuotoksia verrataan ihmisen värjäämiin kuviin. Kyseiset kuvat ovat vanhoja sotilaskuvia, jolloin esimerkiksi univormujen kannalta oikeiden värien käyttäminen on tärkeää.

#### 5.3.1 Esimerkki 1

Ensimmäisessä esimerkkikuvassa Kuva 14 esiintyy Simo Häyhä sotilaspuvussa. Huomattavin virhe, jonka molemmat tekoölyt tekevät, on takin väri. Molemmissa värjäyksissä myös takin olkapoletit, sekä kaulus ovat värjätty eri värillä. Takkien värien epätasaisuuden voi laskea epätasaisen valon syyksi. MyHeritage on lisäksi tehnyt kuvassa Kuva 17 Häyhän kasvoista luonnottoman kirkkaat.

Ammattilaisen värjäämässä kuvassa Kuva 15 oikeiden värien lisäksi saadaan myös kuvaan syvyyttä, jota tekoäly ei pysty saavuttamaan.

Tällaisissa tapauksissa tekoölyyn on vaikea luottaa, koska kuvassa näkyvät sotilaslaatat ovat tärkeitä yksityiskohtia, joiden tulee historiallisen tarkkuuden vuoksi olla oikein. Taustatutkimuksen kautta ammattilainen pystyy määrittämään oikeat värit näille merkittävälle yksityiskohdille.

Kuva 14 Alkuperäinen mustavalkoinen kuva



Kuva 15 Ammattilaisen värjäämä



Kuva 16 Palette.fm värjäämä



Kuva 17 MyHeritagen värjäämä



### 5.3.2 Esimerkki 2

Esimerkkikuvassa Kuva 18 näemme suomalaisia sotilaita talvisessa metsässä. Kuva on valittu nimenomaan sen lukuisten pienten yksityiskohtien vuoksi, joilla koetellaan tekoälyn rajoja mahdollisimman paljon. Palette.fm sai osan ympäristöstä tehtyä hyvin kuvassa Kuva 20, mutta paikoitellen värit alkavat levitä esineistä niitä ympäröiville pinnoille. MyHeritage taas onnistui ympäristön värjämisessä todella hyvin kuvassa Kuva 21. Molemmat tekoälyt kuitenkin epäonnistuvat sotilaiden vaatteiden väreissä lähes täysin, lukuun ottamatta lumipukuja MyHeritagen tuloksessa. Ammattilaisen värjäyksessä sotilaiden vaatteet on saatu värjättyä oikein kuvassa Kuva 19 tuntien tutkimuksen ja työn ansiosta.

Kuva 18 Alkuperäinen mustavalkoinen kuva



Kuva 19 Ammattilaisen värjäämä



Kuva 20 Palette.fm värjäämä



Kuva 21 MyHeritagen värjäämä



## 5.4 Johtopäätökset

Tehtyjen testien perusteella voidaan nyt kartoittaa testattujen tekoälyjen tämänhetkistä tasoa. Eläin- ja luontokuvissa tekoälyt onnistuvat hyvin, eikä tällaisissa kuvissa välttämättä värien tai sävyjen tarvitse olla täysin oikeita, jotta kuva näyttäisi uskottavalta. Rakennuksien kuvissa tekoälyt alkoivat tehdä enemmän virheitä, ja molemmissa esimerkeissä tehdyt virheet ovat jo tarpeeksi huomattavia, että niillä on merkitystä. Vanhat mustavalkoiset kuvat ovat testatuista kuvista kaikista tärkeimpiä, sillä juuri siihen tarkoitukseen nämä tekoälyt ovat kehitetty. Näissä vanhoissa sotilaskuvissa on runsaasti yksityiskohtia, joissa onnistuminen on kriittistä historiallisen tarkkuuden kannalta. Kumpikaan tekoäly ei näissä yksityiskohdissa onnistunut ja ainut onnistunut osa esimerkeistä oli MyHeritagen värittäminen ympäristö kuvassa Kuva 21.

Näiden tulosten perusteella voidaan myös kysyä, että mitä tämänhetkisiltä kuvanvärjäystekoälyiltä voi realistisesti odottaa. Esimerkiksi kuvassa Kuva 7 Suomen lippu on tekoälylle käytännössä mahdotonta hahmottaa mustavalkoisena, jolloin tekoäly joutuu arvaamaan sen värin, tässä tapauksessa tehden siitä Englannin lipun. Varsinkin Kuva 14 on valittu testaamaan tekoälyn kykyjen rajoja, mutta kuvassa on niin paljon yksityiskohtia, ettei ole realistista odottaa tekoälyn saavan näitä oikein. On myös otettava huomioon, että tekoälyjen tekniikka kuvanvärjäyksessä on hyvin erilaista verrattuna ihmiseen. Ihmisen tekemänä kuvanvärjäys yleensä tehdään Adobe Photoshopilla tai jollain muulla vastaavalla kuvanmuokkausohjelmalla, joka mahdollistaa useat eri kerrokset kuvassa. Näillä kerroksilla kuvanvärjäjä saa lisättyä kuvan väreihin enemmän syvyyttä, jota tekoäly ei nykyisellä tekniikalla pysty saavuttamaan. On kuitenkin otettava huomioon, että tekoälyä kehitetään jatkuvasti, ja täten tulevaisuudessa tekoälyjen tekemät värjäystyöt tulevat olemaan entistä parempia.

Vertailun perusteella edistyneempi kahdesta kuvanvärjäystyökalusta on MyHeritage. Kumpikaan tekoäly ei suoriutunut täydellisesti, varsinkaan kuvien pienissä yksityiskohdissa, mutta MyHeritage onnistui tuottamaan uskottavia tuloksia paremmin kuin Palette.fm. Molemmista ohjelmista on käytetty parasta saatavilla olevaa versiota ja testit tehtiin monipuolisella valikoimalla kuvia, joten vertailu ja sen tulos ovat luotettavia.

Lopuksi, tehdyn vertailun perusteella voidaan miettiä, ovatko kuvanvärjäystekoälyt valmiita kaupalliseen käyttöön nykyisessä tilassaan. Ensisijaisesti näitä tekoälyjä hyödynnettäisiin vanhoihin mustavalkokuviin ja kuten esimerkeistä ilmeni, tekoäly pystyy tuottamaan uskottavia värjäyksiä suuremmissa kokonaisuuksissa, mutta pienemmissä ja tässä tapauksessa tärkeissä yksityiskohdissa ilmenee puutteita. Tämä voi olla hyväksyttävää, jos palvelua käyttää esimerkiksi yksityishenkilö, joka haluaa värjätä löytämiään vanhoja kuvia, juuri tähän käyttötapaukseen MyHeritagen toiminta perustuu. Tärkeämpi kysymys kuitenkin on, voitaisiinko näitä palveluita käyttää esimerkiksi kaupallisissa julkaisuissa, vaikka historia aiheisissa julkaisuissa. Tällaisessa tapauksessa historiallisen tarkkuuden kannalta on äärimmäisen tärkeää, että kaikki pienetkin yksityiskohdat ovat niin lähellä totuutta kuin mahdollista. Ottaen tämän huomioon voidaan todeta, etteivät kuvanvärjäystekoälyt nykyisessä tilassaan sovellu kaikkeen kaupalliseen käyttöön.

## 6 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka kehittyneitä tämänhetkiset kuvanvärjäystekoälyt ovat. Vertaillen kahta alan suosituinta ohjelmaa saimme hyvän kuvan näiden tekoälyjen nykytasosta. Vertailulla saimme myös vastaukset alussa esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Tekoälyn vahvuudet ja heikkoudet tulivat esille esimerkkikuvissa, tekoäly pystyy hahmottamaan ja värjäämään suuria kokonaisuuksia onnistuneesti, mutta kohtaa ongelmia yksityiskohtien kanssa. Totesimme myös, ettei tekoälyltä voi realistisesti odottaa täydellistä tulosta kuvissa, joissa onnistunut värjäys vaatii taustatietoa, esimerkiksi lipun väreistä tai sotilaspuvuista. Kuva 14-21 huomasimme selkeän eron ihmisen ja tekoälyn värjäyksessä. Tekoälyn työ ei pysty jäljittelemään ihmisen kädenjälkeä käytettyjen työmetodien takia. Ammatilainen käyttää värjätessään useita kerroksia värejä, näin luoden syvyyttä kuvaan, jota tekoäly ei pysty tekemään. Vertaamalla ihmisen ja tekoälyn värjäyksiä, totesimme että nykyisessä tilassaan tekoäly soveltuu kaupalliseen käyttöön yksityishenkilöille, mutta tarkempaa jälkeä vaativissa tehtävissä, kuten historiallisissa julkaisuissa se ei ole riittävän kehittynyt.

Lähdin tekemään tätä opinnäytetyötä valmiiksi omaten pohjatietoa niin kuvanvärjäyksestä, kuin tekoälystä. Työtä tehdessä opin lisää tekoälyn historiasta ja perehdyin tarkemmin sen toimintaperiaatteisiin. Kuvanvärjäys oli minulle entuudestaan tuttua, mutta verratessa ammatilaisen ja tekoälyn työn jälkeä, hahmotin värjäyksessä käytettävät työmenetelmät entistä paremmin. Valitsin työn aiheen, koska olin kiinnostunut molemmista aihealueista ja työtä tehdessäni kiinnostukseni molempia kohtaan nousi oppiessani aiheista lisää.

On tärkeää huomioida, että tässä työssä tutkittiin tekoälyn käyttöä puhtaasti käytännön näkökulmasta. Tekoälyn käyttöön niin kuvanvärjäyksessä kuin muutenkin liittyy paljon esimerkiksi eettisiä kysymyksiä, joihin tässä työssä ei perehdytty. Näiden ja monien muiden näkökulmien pohtiminen tulee olemaan yhä tärkeämpää tulevaisuudessa tekoälyn kehittyessä ja sen käytön yleistyessä.

## Lähteet

McCarthy, J. (2005). The Dartmouth Workshop – as planned and as it happened. <http://www-formal.stanford.edu/jmc/slides/dartmouth/dartmouth/node1.html>

Turing, A. (1950). Computing machinery and intelligence. <https://redirect.cs.umbc.edu/courses/471/papers/turing.pdf>

Buchanan, B. (2005). A (Very) Brief History Of Artificial Intelligence. <https://web.archive.org/web/20070926023314/http://www.aaai.org/AITopics/assets/PDF/AIMag26-04-016.pdf>

Copeland, B.J. (2023). Artificial Intelligence. Britannica <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence#ref219078>

Bostrom, N. (2014). Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies. <https://pdfroom.com/books/superintelligence-paths-dangers-strategies/Xn2GJkL7gxV>

InstaRestoration. (2020). History of Photo Colorization. <https://www.instarestoration.com/blog/history-of-photo-colorization>

Binder, W. (2008). Isenring, Johann Baptist. Historisches Lexikon der Schweiz. <https://hls-dhs-dss.ch/de/articles/022460/2008-01-28/>

Palette.fm. (n.d.). About. <https://palette.fm>

Ables, K. (2021) Artificial intelligence is restoring lost works by Klimt, Picasso and Rembrandt. Not everyone is happy about it. The Washington Post. [https://www.washingtonpost.com/entertainment/museums/gustav-klimt-google-digital-reconstructions/2021/12/28/4a18f61e-36a5-11ec-8be3-e14aacfa8ac\\_story.html](https://www.washingtonpost.com/entertainment/museums/gustav-klimt-google-digital-reconstructions/2021/12/28/4a18f61e-36a5-11ec-8be3-e14aacfa8ac_story.html)

DeOldify (n.d.)

<https://deoldify.ai>

## **Liite 1: Aineistonhallintasuunnitelma**

### **Tutkimuksellinen työ:**

Opinnäytetyöprosessin aikana kaikkea käytettyä aineistoa säilytetään ensisijaisesti omalla tietokoneella ja niistä tehdään varmuuskopiot henkilökohtaiseen pilvipalveluun. Esimerkkeinä käytettävät kuvat ovat arkistokuvia pixabay.com palvelusta ja SA-kuvista. Molemmista lähteistä otetut kuvat ovat vapaasti käytettävissä. MyHeritagen ja Palette.fm:n tuottamat kuvat ovat myös vapaasti käytettävissä. Ammattilaisen värjäämät kuvat ovat JPColorizationin omaisuutta ja niiden käyttöön on lupa.

Määrittele, kuka omistaa opinnäytetyösi aineiston ja tulokset.

