

Kuinka helppoa on tehdä syväväärensös ja mitä vaikutuksia tällä voi olla?

Lauri Mustakallio



Tekijä(t) Lauri Mustakallio	
Koulutusohjelma Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma	
Raportin/Opinnäytetyön nimi Kuinka helppoa on tehdä syvävääreännös ja mitä vaikutuksia tällä voi olla?	Sivu- ja liitesivumäärä 26
Tiivistelmä <p>Tässä opinnäytetyössä käsitellään syvävääreännöksiä ja niiden tekemisen helppoutta ja sen mahdollisia vaikutuksia. Työn pääasiallisena tarkoituksena on havainnollistaa prototyypin avulla sitä, miten syvävääreännöksiä tehdään ja kuinka paljon työtä se vaatii.</p> <p>Syvävääreännös on video, jossa ihmisen kasvot on korvattu toisen ihmisen kasvoilla, mikä luo enemmän tai vähemmän uskottavan vaikutelman siitä, että toinen ihminen olisi videossa mukana. Syvävääreännös voi olla myös kuva tai ääninauha. Syvävääreännös on video-, ääni- ja kuvaeditoinnin uusin muoto.</p> <p>Prototyypillä havainnollistetaan syvävääreännöksen teon prosessi, joka etenee suurin piirtein näin: Valitaan videokatkelma, josta halutaan ottaa kasvot, käsitellään kyseinen videokatkelma Faceswap-ohjelmalla ja toistetaan sama prosessi toiselle videolle, johon kasvot on määrää laittaa. Tämän jälkeen ohjelma laitetaan kouluttamaan tekoälyä tarkoituksena korvata toisen videon kasvot ensimmäisillä, mikä luo syvävääreännöksen.</p> <p>Prototyypin avulla voidaan huomata, että syvävääreännöksen tekeminen on jokseenkin helppoa, joskin aikaa vievää. Koska syvävääreännöksen tekeminen on suhteellisen helppoa, voi se tuottaa ongelmia tulevaisuudessa, mikäli joku tai jotkut haluavat käyttää syvävääreännöksiä pahantahtoisin tarkoituksiin, kuten ihmisten huijaamiseen. Toisaalta syvävääreännösten teon helppous tarkoittaa sitä, että niistä voi olla paljon hupia monille ihmisille.</p>	
Asiasanat Syvävääreännös, prototyyppi, tekoäly, vääreännös	

Sisällys

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Syväväärennökset.....	2
2.1 Käsitteiden selitys	2
2.2 Syväväärennökset ja niiden vaikutukset.....	4
2.3 Syväväärennökset yhteiskunnassa	7
3 Syväväärennösprototyyppi	10
Syväväärennöksen teko	10
4 Pohdinta.....	20
Lähteet	23

1 Johdanto

”Kaikki se, minkä olen hyväksynyt todeksi tähänastisessa elämässäni, on tullut minulle aistieni kautta. Mutta silloin tällöin olen huomannut, että aistini ovat huijanneet minua ja on epäviisasta luottaa täysin niihin, jotka ovat edes kerran meitä huijanneet.”

- René Descartes (vapaa suomennos)

Kuten Descartes viisaasti totesi, aisteihinsa ei kannata koskaan täysin luottaa ja syvävääreännösten myötä silmiinsä voi luottaa entistäkin vähemmän.

Tässä työssä käsitellään syvävääreännösten (englanniksi: deepfake) mahdollisia vaikutuksia sekä syvävääreännösten taustaa ja erityisesti sitä, miten niitä tehdään ja miten helppoa se todellisuudessa on. Työn lopullisena tarkoituksena on näyttää, miten helppoa on tehdä syvävääreännös ja mitä vaikutuksia sillä voi olla.

Syvävääreännös on lyhyesti selitettynä yleensä video, jossa ihmisen kasvot on korvattu toisen ihmisen kasvoilla. Näin voidaan luoda valheellinen käsitys siitä, että joku henkilö on oikeasti ottanut osaa videon tekoon ja sanonut tai tehnyt sen, mitä videossa tapahtuu. Mikäli syvävääreännös on tehty hyvin, sitä voi olla vaikea tunnistaa väärennökseksi. Tästä syystä syvävääreännösten mahdolliset haittavaikutukset voivat olla ikäviä. Toisaalta tämän takia syvävääreännökset voivat olla hyvinkin hauskoja ja niistä voi olla paljon iloa ja hyötyä tulevaisuudessa, niin yksityiskäytössä kuin esimerkiksi elokuvateollisuudessakin.

Tämän työn tarkoituksena on hahmottaa syvävääreännösten luomista sekä sitä, mihin syvävääreännöksiä käytetään, missä niitä esiintyy ja miten ne voivat vaikuttaa yhteiskuntaan nyt ja tulevaisuudessa.

Syvävääreännösten mahdolliset haittavaikutukset liittyvät samoihin asioihin kuin muissakin väärennöksissä. Syvävääreännöksillä voidaan pyrkiä huijaamaan ihmisiä uskottelemalla, että väärennös on aito. Syvävääreännöksillä, samoin kuin kuvankäsittelyllä muutenkin, voidaan esimerkiksi yrittää saattaa ihmisiä huonoon valoon yhteiskunnassamme esimerkiksi levittämällä videoita, joissa he eivät oikeasti ole, mutta näyttävät olevan. Syvävääreännöksillä voidaan myös, kuten kuvankäsittelyllä ja videoeditoinnillakin, tehdä monia positiivisia asioita, kuten laittaa itsensä tai joku muu johonkin elokuvaan mukaan. Syvävääreännösten pääasialliset käyttötarkoitukset ovat toistaiseksi olleet lähinnä erinäiset vitsit ja väärennetyt julkisuuden henkilöistä tehdyt pornografiset videot, mutta niissä on potentiaalia moneen.

Valitsin syvävääreennökset opinnäytetyöni aiheeksi, koska se on ajankohtainen minua itseäni kiinnostava aihe. Ymmärtääkseni itse ja havainnollistaakseni lukijalle syvävääreennöksen tekoa toteutan tämän työn ohessa prototyypin syvävääreennöksestä ja kuvailen sen vaiheita ja tuloksia.

2 Syvävääreennökset

2.1 Käsitteiden selitys

Tässä kappaleessa selitetään syvävääreennöksiin liittyviä ja työssä esiintyviä käsitteitä ja niiden käännöksiä.

Tekoäly tai keinoäly on toiselta nimeltään tietokone tai ohjelma, joka kykenee käsittelemään tietoa näennäisesti samaan tapaan kuin ihmiset ja muut eläimet. Ohjelma, joka havainnoi ympäristöään ja toimii havaintojensa mukaan tavoitellessaan määränpäättänsä, on tekoälyä. **Koneoppiminen** on tekoälyn osa-alue, jossa tietokonealgoritmit kehittyvät itsenäisesti kokemuksen kautta. (ScienceDirect 2019.)

Neural Network eli neuroverkko on algoritmien sarja, joka matkii ihmisaivojen toimintaa tutkiessaan dataa, joka sille annetaan (Investopedia 2020).

Kuvankäsittelyllä tarkoitetaan kuvien muokkausta yleensä niin, että kuvista poistetaan jotain tai niihin lisätään jotain luoden toisenlainen versio alkuperäisestä kuvasta (Web Archive 2015).

Faceswap on Windows-, macOS- ja Linux-käyttöjärjestelmillä toimiva syvävääreennösohjelma, joka toimii Python-koodilla, TensorFlow-koneoppimisalustalla ja Keras-ohjelmointirajapinnalla (Faceswap 2020).

Ohjelmointirajapinta (API, Application Programming Interface) on ohjelmien välillä toimiva välittäjä, jonka kautta tieto kulkee ohjelmasta toiseen (Mulesoft 2020).

GIF on animoitu kuva. Tavallaan kuin lyhyt video, mutta todellisuudessa usean peräkkäisen kuvan yhdistelmä. (How to Geek 2020.)

Tietokonevaatimukset syvävääreännöksen tekemiselle siten, että se ei kestä päiväkautia:

- Nvidia GPU 4 GB -grafiikkaprosessori
- i5 tai AMD 12 -prosessori
- 12 GB RAM-muistia
- 100 GB kovalevytilaa

(Deepfakestate 2018).

Extraction on sana, joka esiintyy useaan otteeseen niin syvävääreännöksissä kuin videoeditoinnissakin, ja sille ei ole erityisen hyvää suomenkielistä käännöstä tietotekniikassa. Suoraan käännettynä se tarkoittaa mm. louhimista, poimimista ja uuttamista. Tässä työssä olen kääntänyt sen vapaasti **tulostamiseksi, tuottamiseksi ja erottamiseksi**, sillä nämä ovat osuvimpia sanoja, kun pyritään kuvaamaan sanaa tässä asiayhteydessä.

Alignment on myös sana, jonka kääntäminen on tässä asiayhteydessä askarruttavaa. Olen käyttänyt sanan käännöstä **"ryhmittäminen"**, sillä se vastaa mielestäni parhaiten sanan käyttötarkoitusta syvävääreännösohjelmassa Faceswap. Kyseessä on siis tiedosto, johon ohjelma tallentaa käsittelemiensä kasvokuvien tiedot.

Iterations eli iteraatiot tarkoittavat sitä, kuinka monta koostetta kuvia koulutusohjelma käy läpi opetellessaan kasvojen vaihtamista keskenään. Yksi iteraatio on siis yksi kooste läpikäytyjä kuvia.

Batch Size tarkoittaa kuvien määrää yhdessä iteraatiossa.

("X"px input, "X"px output) tarkoittaa kuvan kokoa. "X"px tarkoittaa pikselien määrää, jossa "X" on numero, yleensä 64, 128 tai 256. **Input** tarkoittaa ohjelmaan syötetyn kasvokuvan kokoa ja **output** ohjelman tulostaman kasvokuvan kokoa. (Faceswap-ohjelma.)

Encoder ja Decoder vapaasti käännettynä tarkoittavat jonnekin (encode) koodaamista ja jostakin (decode) koodaamista, eli jonkin datan muuttamista toiseen muotoon.

2.2 Syvävääreennökset ja niiden vaikutukset

Syvävääreennös

Syvävääreennös tarkoittaa kuvaa tai videota tai ääninauhaa, jonka tekoäly on tuottanut. Syvävääreennökset ovat tällä hetkellä lähinnä videoita, joihin on laitettu toiset kasvot alkuperäisten tilalle, mutta syvävääreennökseksi kutsutaan myös videota, jossa on vain muokattu alkuperäisiä kasvoja. Syvävääreennöksessä tekoäly matkii ja kopioi alkuperäisen videon kasvon ilmeet ja sovittaa uudet kasvot alkuperäisten tilalle samoilla ilmeillä varustettuna. Huolellisesti tehty syvävääreennös voi näyttää hyvinkin aidolta. Syvävääreennös nimenä tulee sanoista ”deep learning” eli syväoppiminen tai koneoppiminen, joka on tärkeää ohjelman toiminnassa; ja ”fake” eli vääreennös, joka viittaa ohjelman ja lopputuloksen luonteeseen. (Internet Health Report 2019; Tim Review 2019.)

Kuvankäsittelyn, videoeditoinnin ja syvävääreennösten historiaa

Kuvankäsittely on lähes yhtä vanha asia kuin valokuvatkin. Vanhimmat kuvat, joita on käsitelty, ovat 1800-luvulta. Vanhimmat käsitellyt kuvat tehtiin esim. uudelleen valottamalla vanha filmi tai kehittämällä filmeistä vain palasia ja yhdistelemällä niitä. Ensimmäisenä kuvavääreennöksenä pidetään kuvaa Yhdysvaltain presidentti Abraham Lincolnista noin 1860-luvulta. Kuvavääreennöksessä oli yhdistetty kuva Lincolnin päästä ja kuva poliitikko John Calhounin kehosta. Kuvia on muokkailtu paljon tämän jälkeen. Josif Stalin tunnetusti poisti vihamiehiään kuvista jälkepäin. Kuvia on käsitelty niin hovin vuoksi kuin ihmisten huijaamiseksi, mutta monesti kuvia käsitellään vain vähän, parannellaan yksityiskohtia tai poistetaan turhina pidettyjä asioita. (Web Archive 2015.)

Nykyään kuvankäsittely on suhteellisen helppoa erinäisillä tietokoneohjelmilla, kuten Adobe Photoshopilla. Ensimmäinen versio Adoben Photoshopista julkaistiin vuonna 1990, ja se perustui John Knollin ja Thomas Knollin 1980-luvulla kehittämään kuvankäsittelyohjelmaan. (Stories of Apple 2015.)

Elokuvien editointi oli varhaisimmillaan 1800-luvun lopulla käsin leikkaamista ja liimaamista. Ensimmäinen editointilaite, jolla editoija saattoi nähdä videon, keksittiin 1920-luvulla. Editointi nykymuodossaan eli digitaalisena kehitettiin 1990-luvulla. Kuten kuvankä-

sittelyssä niin videoeditoinnissakin syitä ja käyttötarkoituksia editoinnille on monia. Videoeditointia on käytetty valtaosan ajasta elokuvateollisuudessa, mutta teknologian kehityksessä ja yleistyessä siitä on tullut yleisempää. (Skillmanvideogroup 2019.)

Syvävääreännös on video-, ääni- ja kuvaeditoinnin uusi muoto. Syvävääreännökset ovat hyvin uusi asia, ja ne tulivat julkisuuteen vuonna 2017, kun Deepfakes-käyttäjänimellä esiintynyt henkilö julkaisi syvävääreennettyä pornoa Redditissä. Syvävääreännöksiä on tutkittu ja tutkitaan mm. useissa yliopistoissa, ja teknologiaa niiden tunnistamiseksi kehitetään myös koko ajan. (Timreview 2019.)

Miten syvävääreännös eroaa videoeditoinnista ja kuvankäsittelystä?

Syvävääreännökset ovat oikeastaan yksi videoeditoinnin alalajeista. Kun videoeditoinnissa on kyse kaikesta videoiden editointiin liittyvästä, yksinkertaisesta leikkaamisesta ja kohtauksen asetelusta 3D-malleilla rakennettuihin maailmoihin Hollywood-elokuvissa, niin syvävääreännöksissä on kyse vain ääni-, kuva- ja/tai videoiden kasvojen ja puheen muokkaamisesta. Syvävääreännökset ovat siis hyvin rajallinen, joskin tehokas, osa-alue videoeditoinnin valtavassa maailmassa.

Syvävääreännös on hyvin tehokasta kuvan-/videonkäsittelyä tekoälyn avulla. Se tarjoaa hyvin erilaisia mahdollisuuksia kuin tavanomainen videoeditointi. Esimerkiksi elokuvan Rogue One teossa käytettiin 3D-skannaus teknologiaa tuomaan jo edesmennyt näyttelijä takaisin digitaalisesti. (3dprintingindustry 2020.)

Syvävääreännöksellä tämä olisi voitu mahdollisesti tehdä helpommin, halvemmin ja nopeammin. YouTubessa on julkaistukin, käyttäjänimellä ”Jarkan”, syvävääreännös, joka näyttää paremmalta kuin alkuperäisessä elokuvassa (Youtube 2020).

Mutta toisin kuin yleensä kalliit videoeditointi- tai kuvankäsittelyohjelmat, syvävääreännöksen tekoon tarvittavat julkisesti saatavilla olevat tehokkaat ohjelmat ovat ilmaisia avoimen lähdekoodin ohjelmia ja siksi kaikkien käytettävissä.

Syvävääreännösohjelmat

Kaksi mahdollisesti tämän hetken tehokkainta julkisesti saatavilla olevaa syvävääreännöstyökalua ovat DeepFaceLab ja Faceswap. Molemmilla käyttäjä voi mm. vaihtaa videoon toiset kasvat ja muuttaa kasvoja ja ilmeitä. (Rankred 2020; Github 2020; Faceswap 2020.)

Faceswap on Windows-, macOS- ja Linux-käyttöjärjestelmillä toimiva syvävääreännösohjelma, joka toimii Python-koodilla, TensorFlow-koneoppimislustalla ja Keras-ohjelmointirajapinnalla. Faceswap on ilmainen avoimen lähdekoodin ohjelma, jonka kuka tahansa voi asentaa tietokoneelleen ja jolla voi tehdä koko syvävääreännös prosessin. Faceswapin etuna on se, että käyttäjän ei tarvitse käyttää komentokehotetta tai osata koodata yhtään vaan ohjelmassa on graafinen käyttöliittymä. (Faceswap 2020.)

DeepFaceLab on myös TensorFlowlla ja Pythonilla toimiva avoimen lähdekoodin syvävääreännösohjelma, jonka käyttö vaatii opettelua ja kokemuksesta videonkäsittelyohjelmista, kuten Adobe After Effects on etua. (Github 2020; Cornell University 2020.)

Näiden jokseenkin vaativien työkalujen ohella on tarjolla paljon helppokäyttöisempiä sovelluksia, joilla voidaan tehdä syvävääreännöksiä. Android ja iOS puhelimille on jo monia syvävääreännössovelluksia, jotka tekevät syvävääreännöksen käyttäjän kuvasta muuttamissa sekunneissa. Puhelinsovellukset ja muut helppokäyttöiset syvävääreännös ohjelmat ovat kuitenkin rajoittuneita tiettyihin raameihin, kun taas tehokkaimmilla ohjelmilla voidaan tehdä paljon enemmän. Yksi ohjelmien käyttäjiä askarruttavista ongelmista on luonnollisesti se, että käyttäjä ei voi olla varma, mihin oma kuva saattaa päätyä. (Deepfakenow 2020; Beebom 2020.)

Esimerkkejä muutamista julkisuutta saaneista syvävääreännössovelluksista:

Zao

Zao on kiinalaisten kehittämä syvävääreännösohjelma, jolla käyttäjät voivat mm. vaihtaa kasvonsa keskenään ja vaihtaa kasvonsa näyttelijöiden tilalle. Zao on jokseenkin ongelmallinen tapaus, sillä se tallentaa kaikki siihen ladatut kuvat omaan pilvipalveluunsa, josta kuka tahansa voi käydä niitä katsomassa. Zaoon käyttösääntösopimus antaa ymmärtää, että kun käyttäjä lataa kuvan Zaoon, on se silloin Zaoon omaisuutta, joten käyttäjä ei voi enää vaikuttaa siihen, mihin hänen kuvaansa käytetään, minkä lisäksi Zao kerää käyttäjien henkilökohtaista informaatiota, mikäli se on Kiinan valtion etujen mukaista. (Deepfakenow 2020; The Register 2019.)

FaceApp

FaceApp on venäläinen syvävääreännösohjelma, jonka pääasiallinen tarkoitus on muokata ja parannella käyttäjien kuvia nopeasti. Ohjelmalla voi mm. lisätä hymyn jälkeensä ja saada kuvan henkilön näyttämään nuoremmalta tai vanhemmalta. Myös FaceApp on herättänyt huolta siitä miten se käsittelee käyttäjien tietoja. (Deepfakenow 2020; The Register 2019; The Guardian 2019.)

Jiggy

Jiggy on esimerkki syvävääreännösohjelmasta, jolla on jokin hyvin tarkkaan määritelty tarkoitus. Jiggyllä käyttäjä voi laittaa kuvansa sovelluksessa olevaan tanssivideoon, ja sovel- lus tekee syvävääreännöksen, jossa näkee laittamansa kasvot tanssijalla. (Deepfakenow 2020.)

2.3 Syvävääreännökset yhteiskunnassa

Mitä tarkoittaa vääreännös?

Vääreännöksellä tarkoitetaan jotakin asiaa, jonka tarkoituksena on esittää jotain muuta kuin mitä se todellisuudessa on. Esimerkiksi taidevääreännöksissä on usein kyse siitä, että te- oksen kopiota väitetään alkuperäiseksi teokseksi (Kuvasto 2015). Vääreännöstä on yleensä pidetty moraalisesti vääränä toimintana ja sen tarkoituksena on yleensä ihmisten huijaaminen ja huijaamisesta hyötyminen. Vääreännöksistä, kuten taidevääreännökset, on jo olemassa lakeja, mutta syvävääreännösten ollessa vasta hyvin uusi asia, ei niille ole vielä erikseen määrättyjä lakeja.

Oikea ja väärä?

Hyvyys ja pahuus/oikea ja väärä ovat subjektiivisen luonteensa takia hyvin laaja tutkimus- aihe ja niitä on tutkittu valtavasti aiemmin, joten en paneudu niihin tässä tutkimuksessa enempää. Mainitsen tämän asian kuitenkin tässä tutkimuksessa siksi, että, jotta voisin pu- hua syvävääreännösten haitoista ja hyödyistä, väärästä ja oikeasta käytöstä ja vääreännök- sistä ylipäättäen, on ensin pyrittävä selittämään, mitä tarkoitetaan haitoilla ja vääräydellä. Syvävääreännöksistä voi olla esimerkiksi haittaa, mikäli niitä käytetään pahantahtoisin tar- koituksiin, kuten vaikka vääreännettyihin pornografisiin videoihin.

Vaikka vääreännetyt pornon alkuperäinen tarkoitus ei ehkä olekaan ollut pahantahtoinen, se voidaan nähdä pahantahtoisena ja se voi olla ikävää niille, joiden kasvoja on käytetty vääreännöksissä. Toisaalta jos syvävääreännettyjä pornovideoita levitetään internetissä si- ten, että kukaan ei väitä videon olevan aito, niin se ei silloin tavallaan ole pahantahtoinen vääreännös vaan ainoastaan syvävääreännösteknologialla tehty video, jonka tarkoituksena ei ole ihmisten huijaaminen vaan viihdyttäminen, mutta siinä on yhä omat eettiset ongel- mansa. Oikea ja väärä määräytyy nyky-yhteiskunnassa paljolti oikeuslaitoksen päätösten ja lakien mukaan ja syvävääreännöksiin pitäisi päteä samat lait kuin muihinkin vääreännök- siin ja huijauksiin ja ihmisten yksityisyyden loukkaamiseen. (Law 2020.)

Missä syvävääreännöksiä esiintyy?

Syvävääreännöksiä esiintyy tällä hetkellä sosiaalisessa mediassa esimerkiksi YouTubessa ja Redditissä. Syvävääreännökset, jotka sisälsivät pornoa, kiellettiin ja poistettiin Redditistä 2018, kun ne saivat paljon negatiivista julkisuutta ja ne leimattiin vastoin tahtoa tehdyksi pornoksi. Myös Pornhub (menestynyt pornosivusto) kielsi ja poisti syvävääreennetyn pornon ja leimasi sen vastoin tahtoa tehdyksi pornoksi (eng. "nonconsensual porn"). (Law 2020.)

Syvävääreännökset, jotka eivät sisällä pornoa ovat sallittuja Redditissä. Tällä hetkellä Redditiin syvävääreännöspalsta r/SFWdeepfakes sisältää esimerkiksi syvävääreännösvideoita, joissa aiheena on näyttelijöiden kasvojen laittaminen elokuvakohtauksiin toisten näyttelijöiden tilalle ja Yhdysvaltojen presidentinvaaleihin liittyviä syvävääreännösvideoita, joissa Donald Trump ja Joe Biden ovat muokkauksen kohteena. Kyseinen palsta on tämän hetken suurin syvävääreännöksille omistettu palsta Redditissä ja sillä on noin 14 000 jäsentä ja sillä julkaistaan päivittäin syvävääreännöksiä. (Reddit 2020.)

Toinen sosiaalisen median kanava, jossa syvävääreännöksiä julkaistaan paljon, on YouTube. YouTubessa leviää jatkuvasti eri harrastelijoiden tekemiä syvävääreännöksiä, joiden tarkoituksena on katsojien viihdyttämisen ohella myös huomion herättäminen videoiden luotettavuuden suhteen. (YouTube 2020.)

Vaikka Reddit ja Pornhub kielsivätkin syvävääreennetyn pornon, niin eihän se siihen loppunut. Esimerkiksi sivusto nimeltä "mrdeepfakes.com" on erikoistunut syvävääreennetyn pornon jakamiseen. Sivusto antaa käyttäjiensä katsoa, jakaa ja ladata sivulle lisää syvävääreennettyä pornoa. Sivustolla on myös keskustelupalsta, jonne voi tehdä tilauksia pornosta julkisuuden henkilöistä. Sivuston säännöissä todetaan, että tilausten ja julkaisujen on oltava syvävääreännöksiä täysi-ikäisistä julkisuuden henkilöistä ja sivusto kieltää vääreännökset henkilöistä, jotka eivät ole julkisuuden henkilöitä. Sivustolla todetaan myös, että kyseessä on vääreennettyjen videoiden jakamiseen ja syvävääreännösten teon oppimisen ja tutkimiseen tarkoitettu sivusto, eikä missään väitetä, että videot olisivat aitoja. (Mrdeepfakes 2020; Adult Deepfakes 2020.)

Syvävääreennetty porno on erikoinen ongelma, sillä on vaikea sanoa miten se vaikuttaa ihmisiin henkisesti, ja miten heidän maineeseensa. Näyttelijät ja TikTok vaikuttajat ovat joutuneet syvävääreennetyn pornon kohteeksi, eivätkä he ole voineet tehdä asialle mitään,

muutoin kuin valittaa asiasta ja vaatia sivustoja poistamaan väärennetyn pornon. Syväväärennöspornoa on kutsuttu jopa digitaaliseksi raiskaukseksi. (Rolling Stone 2020.)

Syväväärennösten ongelmat oikeudessa ja harhaanjohtavan tiedon levittämisessä

Syväväärennöksiä voidaan käyttää valheellisena todistusaineistona oikeudessa. Eräs nainen oli käyttänyt syväväärennettyä äänitettä todistusaineistona oikeudessa Isossa-Britanniassa lasten huoltajuus kiistassa miestänsä vastaan. Nainen oli muokannut äänitettä internetistä löytämiensä ohjeiden avulla siten, että vaikutti siltä, kuin hänen miehensä olisi käyttäytynyt aggressiivisesti ja uhkaavasti puhelimesta. Mikäli äänite ei olisi paljastunut väärennökseksi, olisi siitä voinut olla merkittävää haittaa miehelle. (Aba Journal 2020; The National News 2020.)

Syväväärennöksiä on myös yritetty käyttää poliittisen vaikuttamisen keinona. Iso-Britannialaisesta poliitikosta Keir Starmerista julkaistiin vuonna 2019 syväväärennös, jossa näytti siltä, että hän olisi kykenemätön vastaamaan yksinkertaiseen kysymykseen haastattelussa, vaikka näin ei oikeasti ollut. Videon julkaisi konservatiivipuolue, joka tunnusti myöhemmin menneensä liian pitkälle. (The Conversation 2019.)

Hiljattain Britanniassa Channel 4 televisiokanava esitti syväväärennetyn videon, jolla kuningatar Elisabet pitää joulupuhetta ja mm. puhuu vessapaperihässäkästä ja tanssii pöydällä. Kanava sai paljon arvostelua videostaan. Sitä pidettiin muun muassa loukkaavana kuningatar Elisabetia kohtaan. Kanava kuitenkin perusteli julkaisua halulla näyttää ihmisille syväväärennösteknologiaa ja lisäämällä tietoisuutta siitä. Channel 4:n mukaan syväväärennettyjen videoiden määrä on lisääntynyt yhden vuoden aikana jopa 250 prosenttia ja niitä on tunnistettu yhteensä viimeisen kahdentoista kuukauden aikana jopa yli kuusikymmentätuhatta kappaletta. (Yle 2020.)

3 Syvävääreännösprototyyppi

Tässä osiossa kuvataan kuinka kauan ensikertalaisella, eli minulla, kestää tehdä yksinkertainen syvävääreännös ja miltä se näyttää. Tässä oli alun perin tarkoitus olla GIF:it havainnollistamassa syvävääreännöksen vaikutuksia videoon tekstin ohessa, mutta tiedosto olisi tällöin ilmeisesti ollut liian suuri palautettavaksi, joten jouduin muuttamaan GIF:it kuviksi. Kuvat eivät valitettavasti havainnollista syvävääreännöksen vaikutusta yhtä hyvin kuin GIF:it, mutta videon linkki, josta GIF:it ja kuvat on poimittu, löytyy alta. Videot, joita tässä on käytetty materiaaleina ovat pohjana creative commons non commercial share alike lisenssillä: "Shia LaBeouf "Just Do It" Motivational Speech (Original Video by LaBeouf, Rönkkö & Turner)" ja kasvoina creative commons attribution käyttöluvalla (YouTube 2019): Avengers: Endgame Cast Play Marvel Yearbook & How Well Do You Know The Fallen? | MTV Movies. (YouTube 2019; YouTube 2015; Creative Commons 2013.)

Syvävääreännökseen käytetyn tietokoneen tiedot:

GPU - Nvidia GTX 1070 8 GB VRAM

Prosessori – Intel Core i7-6700K 4.00 GHz

RAM – 16 GB

Käyttöjärjestelmä – Windows 10

(Windows 10 -ohjauspaneeli, tietokoneen tiedot 2020.)

Syvävääreännös julkaistu YouTubessa:

Shia LaHemsworth, Nopea syvävääreännös (Youtube 2020).

<https://www.youtube.com/watch?v=VVX25h-qAGg>

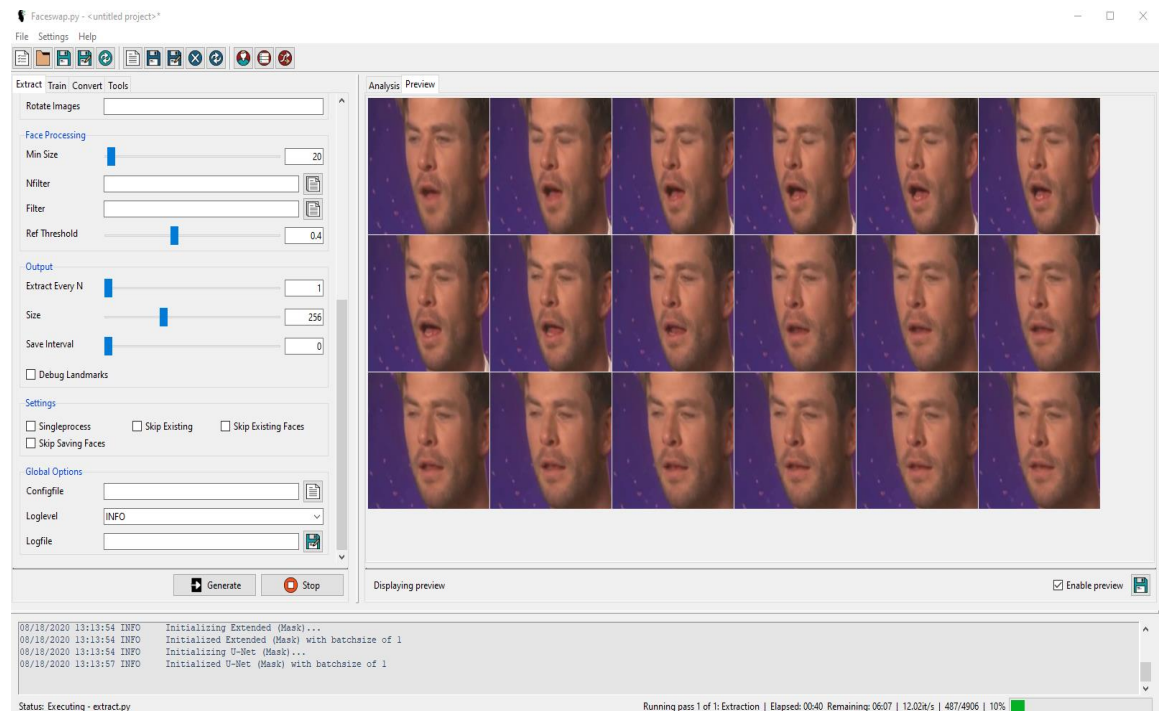
Syvävääreännöksen teko

Syvävääreännös on tehty Faceswap-ohjelmalla ja Faceswap-ohjelman keskustelupalstalta löytyvien ohjeiden pohjalta.

Yksinkertaistettuna alla selostettu prosessi etenee siten, että ohjelmalle annetaan kuvia/videoita kahdesta eri henkilöstä, ohjelma etsii videoista/kuvista kasvot ja niiden kaikki ilmeet, minkä jälkeen käyttäjä tarkistaa ohjelman järjestämät kuvat, poistaa tai muokkaa niitä tarvittaessa ja sitten syöttää ne takaisin ohjelmaan, joka yhdistää kasvot opettelemalla niiden ilmeet ja vaihtamalla ne keskenään.

1. Valitaan videokatkelma, editoidaan sitä editointiohjelmalla (tässä tapauksessa Vegas Pro 15) siten, että siinä näkyvät kasvot ovat hyvin esillä ja mahdolliset ylimääräiset asiat poistetaan näkyvistä. Videokatkelma syötetään Faceswap-ohjelmaan

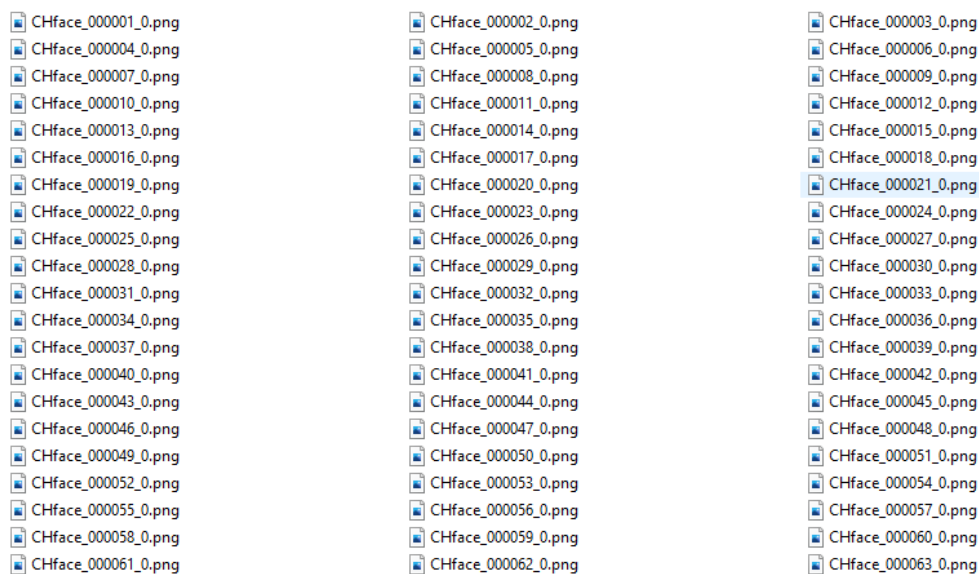
ja asetetaan kansio, johon ohjelma tuottaa kuvatiedostot. Tämän jälkeen säädetään asetukset ohjelmassa projektin tavoitteiden mukaisiksi. Asetuksissa säädetään, miten ohjelma tulkitsee kasvoja, esimerkiksi pitääkö sen ottaa huomioon mahdollisia esteitä. Tässä tapauksessa ohjelmalle ei anneta mitään erityisohjeita esteiden suhteen, sillä videossa kasvot ovat selvästi näkyvillä. Tämän jälkeen annetaan ohjelmalle käsky aloittaa.



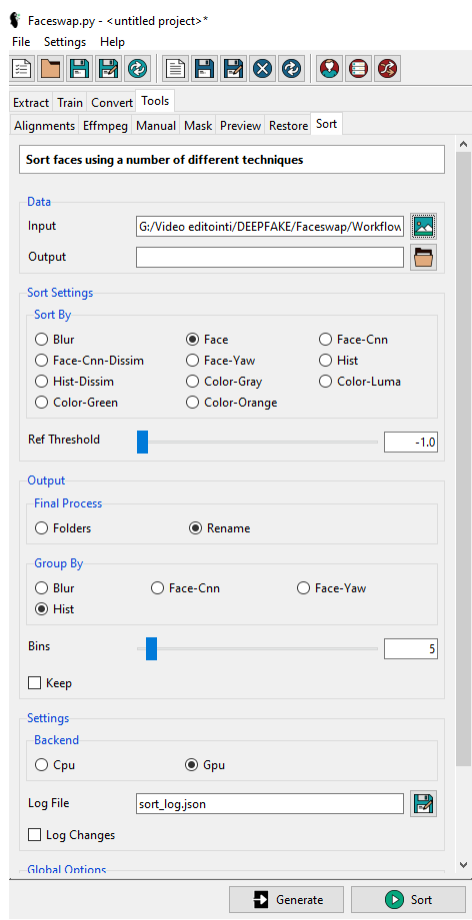
Kuva 1. Kuvien erotteluvaihe (Faceswap-ohjelma)

2. Kun ohjelma on erottellut kasvot videokatkelmasta ja merkinnyt tuotoksen ryhmittymistiedostoon, sen voi määrätä lajittelemaan tuotokset, jolloin ylimääräisten ja huonojen kuvien poistaminen on helpompaa. Tässä vaiheessa kokeilussani minulla oli noin 5000 kasvokuvaa noin kolmen ja puolen minuutin videosta. Huonot

kuvat on syytä poistaa, jotteivat ne häiritse tulevia vaiheita.



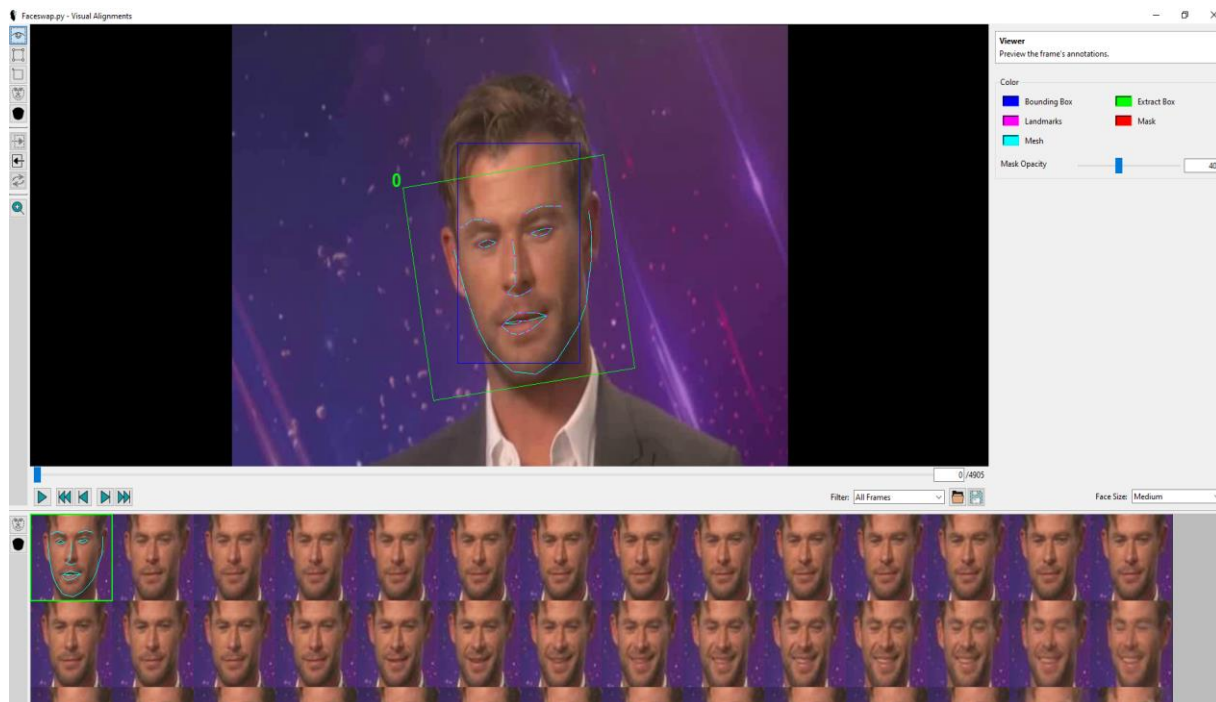
Kuva 2. Erotellut kuvat kansiossa. (Faceswap-ohjelma)



Kuva 3. Järjestelyvaiheen komennot (Faceswap-ohjelma)

Järjestelyvaiheen suorittamisen jälkeen prosessi oli kestänyt noin tunnin.

1. Kolmanneksi voi manuaalisesti poistaa ylimääräiset kasvot sekä tarkistaa, että ohjelma on tulkinut kasvot tarkasti ohjelman "Manual"-työkalun avulla.



Kuva 4. Manuaaliset korjaukset (Faceswap-ohjelma)

Kun tarkistus on tehty, voidaan tulostaa uusi kansiolinen kuvia korjausten perusteella luodun ryhmittymistiedoston avulla.

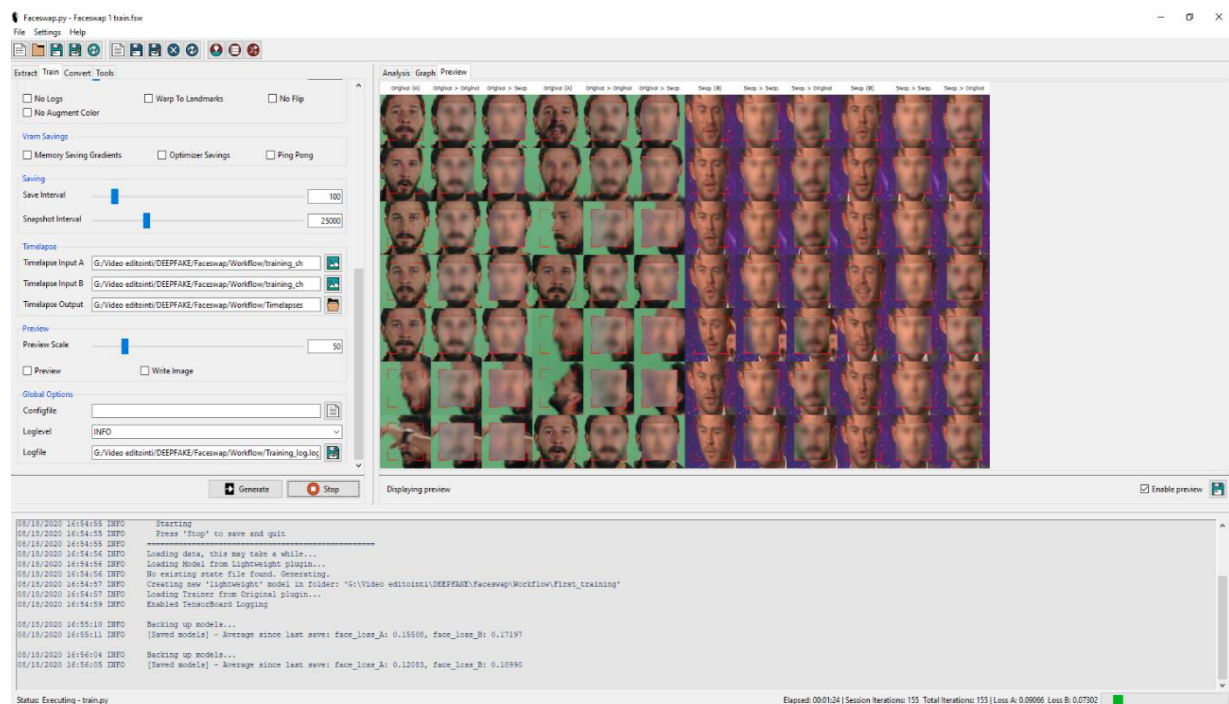
2. Tämän jälkeen voidaan luoda "kasvosetti", eli kokoelma kasvokuvia varsinaista ohjelman kouluttamisvaihetta varten. Kasvosetti on kansio, johon laitetaan aiemmin tulostetut kasvokuvat ja ryhmittymistiedosto. Mikäli ryhmittymistiedostoja on useampi, ne yhdistetään ensin ohjelman "Merge"(yhdistys) toiminnon avulla.

Tässä vaiheessa on siis valmiina yksi kansiolinen kuvia koulutusosuuksia varten. Sama prosessi toistetaan toisen videon kanssa, ennen kuin päästään koulutusvaiheeseen.

3. Koulutusvaiheeseen päästyäni aikaa oli kulunut noin neljä tuntia, mutta tässä on huomioitava, että kyse oli ensimmäisestä kokeilukerrasta. Toisella kerralla tähän kului jo merkittävästi vähemmän aikaa samalla määrällä materiaalia. Koulutusvaihe alkaa sillä, että ohjelmalle kerrotaan, mistä se hakee kasvot, jotka on määrä vaihtaa keskenään. Eli ohjelmalle kerrotaan edellisissä vaiheissa luotujen kasvosettien sijainnit. Tämän jälkeen ohjelmassa säädetään, minne koulutettava malli

tallennetaan, mitä koulutusohjelmaa käytetään ja kuinka paljon ohjelma saa käyttää tietokoneen tehoja. Tämän jälkeen koulutus voidaan aloittaa.

Koulutus tarkoittaa käytännössä sitä, että Neural Network tai NN (eli ohjelman tekoäly, neuroverkko) koulutetaan uudelleen rakentamaan kasvot. Suurin osa koulutusvaihtoehdoista koostuu kahdesta osasta, jotka ovat Encoder ja Decoder, joista Encoder koodaa sille syötetyt kasvot vektoreiksi ja pyrkii sitten luomaan algoritmin, jota voidaan myöhemmin käyttää kasvojen uudelleen rakennukseen videossa. Decoder puolestaan pyrkii muuttamaan Encoderin vektorit takaisin kasvoiksi. Yksinkertaistettuna tämä tarkoittaa sitä, että ohjelma oppii tunnistamaan kasvot ja käyttämään niitä tulevaisuudessa ja se suorittaa tämän toiminnon kahdelle koosteelle kasvoja yhtäaikaisesti oppien molempien ilmeet ja asennot, jotta se voi lopulta yhdistää ne ottamalla lopulta (encoder) koodatun osuuden toisesta ja (decoder) koodaamaan sen toiseen.



Kuva 5. Koulutusvaihe (Faceswap-ohjelma)

Koulutusvaihe kestää niin kauan kuin käyttäjä haluaa kouluttaa ohjelmaa. Yllä on kuva koulutusprosessista. Ohjelma tallentaa joka kerta, kun sata (100) iteraatiota on käyty läpi ja tulostaa kuvat edistymisestä näyttille. Kuvassa on useita kolmen kuvan sarjoja, joissa vasemmanpuoleisin on alkuperäinen kasvokuva ja kolmas vasemmalta laskien kuvaa senhetkistä edistymistä ja keskimäinen jotain siltä väliltä.

Tässä tapauksessa ohjelmaa koulutettiin kaksi tuntia ja viisikymmentäviisi minuuttia, kolmekymmentäkaksi sekuntia ohjelman heikkolaatusimmalla vaihtoehdolla ("model" eli "malli"-nimellä ohjelmassa), Lightweightilla eli kevyellä ohjelmalla käyden läpi 19982 iteraatioita. Faceswap-syväärennösohjelma tarjoaa erilaisia vaihtoehtoja kouluttamiseen. Eri vaihtoehdot ovat siis eri tekoälyohjelmia. Kukin vaatii eri määrän tietokonetehoa ja aikaa. Vaihtoehtoja on kymmenen: Lightweight, Original, Dfaker, Dlight, Dfl-H128, lae, Realface, Dfl-Sae, Unbalanced ja Villain, joista Lightweight vaatii vähiten tehoa ja Villain eniten tehoa. Tässä työssä on käytetty Lightweightia ja Originalia, jotka on selitetty alla. Muut ovat tehokkaampia, mutta vievät näin ollen enemmän aikaa ja vaativat enemmän tehoa mm. paremman GPU:n tai enemmän GPU:ita.

Lightweight on hyvin kevyt vaihtoehto, joka toimii jopa 2 GB VRAM:illa. Paremmalla GPU:lla tätä voidaan käyttää suhteellisen nopeaan testaamiseen. (64px input, 64px output)

Original on nimensä mukaisesti alkuperäinen malli, jota deepfakes-nimimerkillä esiintynyt syvävärennösten levittäjä käytti. Koko: 64px input, 64px output.



Kuva 6. alkuperäinen videokatkelma (Youtube 2015)



Kuva 7. Alkuperäisen videokatkelman lähikuva (Youtube 2015)

Yllä olevat kuvat ovat alkuperäisestä videosta, ja tämän tekstin alapuolella olevat kuvat on varustettu aikaisemmin esitellyllä syvävääreännöksellä.



Kuva 8. Syväväännetty videokatkelma (YouTube 2020)



Kuva 9. Syväväärennetty videokatkelma. Lähikuva (YouTube 2020)

Kuten kuvista saattaa nähdä (ks. <https://www.youtube.com/watch?v=VVX25h-qAGg>), syväväärennös on korvannut alkuperäiset kasvot mutta ei ole onnistunut ilmeiden täydellisessä matkimisessa, joten syväväärennetty mies näyttää kummallisen väsyneeltä ja ilmeettömältä. Tämä ilmeettömyys johtuu osin siitä, että ohjelmalle annettiin hyvin vähän aikaa ja osin siitä, että sille annettu materiaali ei ollut yhteensopivaa ja sitä oli vähän. Materiaali on myös heikkolaatuista. Materiaali ei ollut yhteensopivaa, sillä alkuperäisessä videossa on paljon erilaisia ilmeitä kuin korvaavassa videossa. Tämä olisi korjattavissa, mikäli materiaalia olisi enemmän. Syväväärennös myös välkky ja sen rajat ovat nähtävissä. Rajojen näkyvyyttä voi vähentää mm. säätämällä videopätkien värejä ennen syväväärennöksen teon aloittamista videoeditointiohjelmassa, vaikka Adobe After Effectsissä.

On kuitenkin huomioitava, että tämä syväväärennös tehtiin noin seitsemässä tunnissa ja ilman aikaisempaa kokemusta sekä rajallisella materiaalilla sen takia, että oli löydetty Creative Commons-lisenssillä varustetut videokatkelmat Kun ohjelman käyttöä

harjoittelee ja antaa ohjelmalle enemmän aikaa kouluttamiseen ja enemmän materiaalia, tulokset voivat parantua merkittävästi.

4. Toinen koulutuskerta enemmän tehoa vaativalta syvävääreännöskoulutusvaihtoehdolta kesti kahdeksan tuntia, kuusitoista minuuttia ja kymmenen sekuntia ja koulutusohjelma kävi läpi 43400 iteraatioita. Koulutusvaihtoehdo oli nimeltään "Original", millä viitataan alkuperäiseen "deepfakes"-nimellä esiintyneen henkilön tekemään tekoälyyn. Toisesta koulutuskerrasta kuva alla. Vaikka tätä syvävääreännöstä koulutettiin kahdeksan tuntia hiukan paremmalla laadulla, on yhä selvää (sellaiselle, joka on tietoinen syvävääreännöksistä ja tietää, että kyseinen henkilö ei näytä tuolta), että se ei näytä aidolta. Materiaalin vähyyys on todennäköisin syy tähän ongelmaan ja siksi sillä ei ole oikeastaan merkitystä kuinka tehokasta vaihtoehtoa käytetään, jos materiaalia ei paranneta. Koulutuskertoja oli useampiakin ja lopullisia videoita enemmän, mutta koska ne näyttivät kaikki suurin piirtein samalta niin julkaisin vain yhden niistä.

	Start	End	Elapsed	Batch	Iterations
1	08/19/20 16:18:15	08/19/20 21:19:07	05:00:52	64	26801
2	08/19/20 21:21:49	08/19/20 21:21:49	00:00:00	64	1
3	08/21/20 14:34:37	08/21/20 17:49:56	03:15:18	64	16598
Total	08/19/20 16:18:15	08/21/20 17:49:56	08:16:10	64	43400

Kuva 10. Koulutuskertojen kesto (Faceswap-ohjelma)



Kuva 11. Pidemmän koulutuksen tulos. (Faceswap-ohjelma)

4 Pohdinta

Ylempänä esiteltyt syvävääreännökset on tehty suhteellisen nopeasti ja tavallisella pelikoneella ja vaikka ne eivät ehkä hämääkään asiasta tietävää ihmistä, ne voivat hyvinkin hämätä ihmistä, joka ei ole ennen nähnyt kuvien henkilöä tai perehtynyt enempää videoihin. Tämänkaltaisella ihmisellä ei välttämättä ole tarvittavaa pohjatietoa, että hän voisi nähdä suoraan, että kyseessä on väärennös. Näin ollen ihmisten huijaaminen syvävääreännöksillä voi olla suhteellisen helppoa, eikä se vaadi kovin suurta vaivaa. Tämän syvävääreännöksen tekeminen oli myös yllättävän hauskaa ja kokeilin sen ohella tehdä muitakin syvävääreännöksiä, joissa laitoin esim. kaverini kasvot elokuvakohtaukseen.

Mikäli materiaalia olisi enemmän, mikä olisi helposti saavutettavissa jos ei välitä tekijänoikeuksista, jotka rajoittivat tämän prototyypin tekoa, ja käytettäisiin tehokkaampaa koulutusvaihtoehtoa pidemmän aikaa, saataisiin aikaiseksi hyvinkin vakuuttava syvävääreännös.

Voiko videoihin enää luottaa?

Vielä jonkin aikaa sitten oli tapana sanoa, että jos sinulla ei ole kuvaa jostain asiasta niin sitä ei tapahtunut. Kuvankäsittelyn yleistymisen ja suosion myötä kuviin ei enää voitu luottaa todistusaineistona, mutta videoihin voitiin. Nyky-yhteiskunta on hyvin digitaalinen. Sosiaalinen media ja muu media, kuten esimerkiksi uutiset, nivoutuvat paljolti kuvien ja videoiden avulla kerrottavien tarinoiden ympärille. Syvävääreännösten yleistyessä ja teknologian kehittyessä videoiden luotettavuus heikkenee. Nyt kuka tahansa, jolla on kunnollinen tietokone ja runsaasti kärsivällisyyttä voi luoda uskottavan syvävääreännöksen.

Tehokkaammat syvävääreännösohjelmat kuten DeepFaceLab ja Faceswap vaativat kuitenkin kärsivällisyyttä ja harjoittelua, mikä tekee vakuuttavan syvävääreännöksen tekemisestä toistaiseksi kuitenkin jokseenkin vaivalloista, joten ihan kaikki eivät niitä varmaankaan vaivaudu tekemään, mutta syvävääreännösteknologia kehittyy jatkuvasti. Jos haluaa nyt kouluttaa Faceswapissa tekoälyn kunnolla tarvitsee paljon dataa vaihdettavista kasvoista ja niiden eri ilmeistä, mutta teknologia kehittyy kovaa vauhtia siihen suuntaan, että yksikin kuva riittää.

Koska vakuuttavan syvävääreännöksen tekeminen vaatii paljon dataa kasvonilmeistä, julkisuuden henkilöt, erityisesti näyttelijät, ovat erinomaisia kohteita syvävääreännöksille, sillä heistä on runsaasti saatavilla materiaalia elokuvien myötä. Tavallisista ihmisistä, jotka eivät lataa videoita itsestään jatkuvasti internettiin, ei välttämättä ole riittävästi dataa syvävääreännöksen luomiseen, mutta kuvia tuntuu olevan lähes kaikista. Toisaalta jokainen, joka on kiinnostunut syvävääreännöksistä voi ladata Faceswapin koneelleen ja kuvata itsestään tarvittavat kasvonilmeet ja lisätä itsensä haluamaansa elokuvaan huvikseen, mikäli haluaa nähdä vähän vaivaa.

Ongelmat syntyvät, jos syvävääreännöksiä käytetään pahantahtoisin tarkoituksiin, kuten esim. ihmisten tahalliseen huijaamiseen, kiristämiseen tai maineen lokaamiseen. Vuonna 2018 syvävääreännökset saivat julkisuutta, kun suuri määrä syvävääreännettyjä pornografisia videoita levisi internetissä. Videoissa oli julkisuuden henkilöiden kasvot alkuperäisten näyttelijöiden sijaan. (Vice 2018.)

Tämä luonnollisesti saattoi häiritä ihmisiä, joiden kasvokuvia oli väärinkäytetty. Vastavanhalliset tilanteet herättävät kysymyksen siitä, ovatko ihmisen kasvot hänen yksityisomaisuuttaan ja voidaanko sitä pitää esim. kunnianloukkauksena jos jonkun kasvot laitetaan

väärennetyyn pornovideoon. Toisaalta jos syväväärennökset kielletäisiin, olisiko tämä ilmaisunvapauden rajoittamista? Syväväärennökset tulevat tuottamaan päänvaivaa lakimiehille tulevaisuudessa. Syväväärennösten tämänhetkinen tilanne on ongelmallinen, mutta kun niiden tunnistamiseen tarvittava teknologia kehittyy, voidaan ehkä keskittyä niiden hyödyllisiin käyttötarkoituksiin ilman, että tarvitsee pelätä harhaanjohtavaa informaatiota.

Syväväärennösten käyttö harhaanjohtavan informaation levittämiseen esim. politiikassa vaalien alla voi olla hyvinkin huono asia. Vaikka syväväärennös paljastuisi, niin se ehtii vaikuttaa monen ihmisen mielipiteisiin. Jos kilpaileva puolue tai sen kannattaja julkaisee ja levittää onnistuneesti valheellista tietoa toisen puolueen politiikosta ja moni luulee sitä aidoksi, voi se vaikuttaa vaalien tuloksiin. On myös mahdollista, että tämän kaltaisissa huijauksissa on jo onnistuttu ilman, että kukaan on huomannut, että kyseessä on väärennös.

Lopuksi

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli havainnollistaa syväväärennöksen teon helppoutta ja sen mahdollisia vaikutuksia, sekä antaa lukijalle vähän pohjatietoa syväväärennöksistä ja video- ja kuvaeditoinnin historiasta. Uskoisin saavuttaneeni työni tavoitteet. Prototyyppi oli onnistunut ja sen kuvauksesta selviää, että yksinkertaisen syväväärennöksen tekeminen suhteellisen helppoa vaikka aiheesta ei ollut aikaisempaa kokemusta. Prototyyppi myös havainnollistaa onnistuneesti sitä, mitä syväväärennös käytännössä tekee, miten se muokkaa videota ja miten sillä voidaan antaa harhaanjohtava vaikutelma. Koska syväväärennöksen tekeminen ei vaadi hirveästi, saattaa siitä nyt ja tulevaisuudessa olla haittaa, ainakin videoiden luotettavuuden suhteen. Ja koska videot ovat tiedon jakamisen suhteen hyvin tärkeässä asemassa, voivat syväväärennökset aiheuttaa ongelmia yhteiskunnassa tulevaisuudessa. Toisaalta syväväärennöksillä voidaan tehdä paljon hyvántahtoisia asioita kuten hauskoja vitsejä.

Syväväärennösten ongelma on oikeastaan sama kuin kaiken muunkin ihmisten kehittämisen teknologian. Sen hyödyllisyys ja haitallisuus on riippuvaista siitä kuka sitä käyttää ja mihin. Syväväärennökset eivät itsessään ole ongelma, vaan ongelmat syntyvät jos syväväärennöksiä käytetään pahantahtoisin tarkoituksiin. Silti nyt on mielestäni syytä hyväksyä, että videoihin ei voi luottaa täysin enää koskaan ja, että jos lataamme itsestämme kuvia tai videoita internettiin niin niistä voi tehdä syväväärennöksen oikeastaan kuka tahansa, jolla on tarvittavat resurssit, eli hyvä tietokone, internetyhteys ja vähän kärsivällisyyttä.

Lähteet

Aba Journal 2020. Courts and lawyers struggle with growing prevalence of deepfakes. Luettavissa: <https://www.abajournal.com/web/article/courts-and-lawyers-struggle-with-growing-prevalence-of-deepfakes>. Luettu 5.12.2020.

AdultDeepFakes. Luettavissa: <https://adultdeepfakes.com/>. Luettu 6.12.2020.

Beebom 2020. 8 Best Deepfake Apps and Websites You Can Try for Fun. Luettavissa: <https://beebom.com/best-deepfake-apps-websites/>. Luettu 9.2.2020.

Creative Commons 2013. Luettavissa: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>. Luettu 6.3.2020.

The Conversation 2019. Luettavissa: <https://theconversation.com/uk-election-2019-after-fake-keir-starmer-clip-how-much-of-a-problem-are-doctored-videos-126897>. Luettu 4.11.2020.

Cornell University 2020. DeepFaceLab: A simple, flexible and extensible face swapping framework. Luettavissa: <https://arxiv.org/abs/2005.05535>. Luettu 6.7.2020.

DeepFaceLab 2020. Luettavissa: <https://github.com/iperov/DeepFaceLab>. Luettu 6.3.2020.

Deepfakesnow 2020. 10 Crazy Deepfake Apps That Will Make You Question Reality. Luettavissa: <https://deepfakenow.com/10-crazy-deepfake-apps-that-will-make-you-question-reality/>. Luettu 3.6.2020.

Deepfakestate 2018. System Requirements for Deepfaking. Luettavissa: <http://www.deepfakestate.com/blog/system-requirements-for-deepfaking-2-12-2018>. Luettu 6.3.2020.

Faceswap-ohjelma 2020. Ladattavissa: <https://faceswap.dev/>. Ladattu 6.3.2020.

Faceswap 2019. [Guide] Training in Faceswap. Luettavissa: <https://forum.faceswap.dev/viewtopic.php?t=146>. Luettu 6.3.2020.

The Guardian 2019. Is FaceApp an evil plot by 'the Russians' to steal your data? Not quite. Luettavissa: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2019/jul/18/faceapp-privacy-data-russians>. Luettu 12.3.2020.

How to Geek 2019. What is a gif and how to use them?. Luettavissa: <https://www.howto-geek.com/441185/what-is-a-gif-and-how-do-you-use-them/>. Luettu 26.3.2020.

Internet Health Report 2019. Deepfakes are here now what. Luettavissa: <https://internet-healthreport.org/2019/deepfakes-are-here-now-what/>. Luettu 9.3.2020.

Investopedia 2020. Neural Network Definition. Luettavissa: <https://www.investopedia.com/terms/n/neuralnetwork.asp>. Luettu 29.3.2020.

Kuvasto 2020. Taideväärennökset. Luettavissa: <https://kuvasto.fi/taidevaarennokset/>. Luettu 7.12.2020.

Law 2020. Deepfakes: 2020 and Beyond. Luettavissa: <https://www.law.com/therecorder/2020/09/03/deepfakes-2020-and-beyond/>. Luettu 5.12.2020.

MrDeepFakes 2020. Luettavissa: <https://mrdeepfakes.com/>. Luettu 6.12.2020.

Mulesoft 2020. What is an API? (Application Programming Interface). Luettavissa: <https://www.mulesoft.com/resources/api/what-is-an-api>. Luettu 27.3.2020.

The National News 2020. 'Deepfake' audio evidence used in UK court to discredit Dubai dad. Luettavissa: <https://www.thenationalnews.com/uae/courts/deepfake-audio-evidence-used-in-uk-court-to-discredit-dubai-dad-1.975764>. Luettu 5.12.2020.

3D Printing Industry 2017. HOW 3D SCANNING BROUGHT GRAND MOFF TARKIN BACK TO LIFE FOR RO-GUE ONE. Luettavissa: <https://3dprintingindustry.com/news/3d-scanning-brought-grand-moff-tarkin-back-life-rogue-one-104458/>. Luettu 7.12.2020.

Rankred 2020. 6 Best Deepfake Apps and Tools In 2020. Luettavissa: <https://www.rankred.com/6-best-deepfake-apps-and-tools-in-2020/>. Luettu 7.3.2020.

Reddit 2018. Deepfakes that are Safe for Work. Luettavissa: <https://www.reddit.com/r/SFWdeepfakes/>. Luettu 5.12.2020.

The Register 2019. Tempted to play with that Chinese Zao app for deep-fake frolics? Don't bother if you want to keep your privacy. Luettavissa: https://www.theregister.com/2019/09/04/app_zao_deep_fake/. Luettu 18.3.2020.

Rolling Stone 2020. TikTok Stars Are Being Turned Into Deepfake Porn Without Their Consent. Luettavissa: <https://www.rollingstone.com/culture/culture-features/tiktok-creators-deepfake-pornography-discord-pornhub-1078859/>. Luettu 6.12.2020.

Stories of Apple 2014. The birth of Photoshop. Luettavissa: <http://www.storiesofapple.net/the-birth-of-photoshop.html>. Luettu 6.12.2020.

Skillman video group 2020. Evolution of Video Editing. Luettavissa: <https://www.skillmanvideogroup.com/video-production-boston-ma/history-of-video-editing/>. Luettu 6.12.2020.

Science Direct 2020. Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. Luettavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681318301393>. Luettu 17.3.2020.

Technology Innovation Management Review (Tim Review) 2019. The Emergence of Deepfake Technology: A Review. Luettavissa: <https://timreview.ca/article/1282>. Luettu 6.12.2020.

Vice 2018. We Are Truly Fucked: Everyone Is Making AI-Generated Fake Porn Now. Luettavissa: https://www.vice.com/en_us/article/bjye8a/reddit-fake-porn-app-daisy-ridley. Luettu 16.3.2020.

Web Archive 2015. Photo Tampering Throughout History. Luettavissa: <https://web.archive.org/web/20150908155915/http://www.cc.gatech.edu/~beki/cs4001/history.pdf>. Luettu 6.12.2020.

Yle 2020. Kuningatar Elisabet pantiin tanssimaan pöydällä – tv-kanavan esittämä väärennetty video nostatti arvosteluryöpyn Britanniassa. Luettavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-11716366>. Luettu 20.1.2021.

Youtube 2020. Deepfakes(#-haku). Luettavissa: https://www.youtube.com/results?search_query=%23deepfake. Luettu 5.12.2020.

YouTube 2020. [DEEPPFAKE] ROGUE ONE: MOFF TARKIN - FIXED AGAIN!. Luettavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=gg1LPc6WUdM&feature=youtu.be>. Luettu 7.12.2020.

YouTube 2019. Avengers: Endgame Cast Play Marvel Yearbook & How Well Do You Know The Fallen? | MTV Movies. Nähtävissä: <https://www.youtube.com/watch?v=pp96ajYDiRg>. Luettu 6.3.2020.

YouTube 2015. Shia LaBeouf "Just Do It" Motivational Speech (Original Video by LaBeouf, Rönkkö & Turner). Nähtävissä: https://www.youtube.com/watch?v=ZXsQAXx_ao0. Luettu 6.3.2020

YouTube 2020. Shia LaHemsworth, Nopea syväväärennös. Nähtävissä: <https://www.youtube.com/watch?v=VVX25h-qAGg>.