

TEKOÄLYN HYÖDYNTÄMINEN 2D-PELIRESSURSSIEN TUOTANNOSSA

Koivuranta Rebekka

Opinnäytetyö

Tieto- ja viestintäteknikka
Insinööri (AMK)

2024

Tieto- ja viestintäteknikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Rebekka Koivuranta	Vuosi	2024
Ohjaaja(t)	Petri Hannula		
Toimeksiantaja	FrostBit Software Lab		
Työn nimi	Tekoälyn hyödyntäminen 2D-peliresurssien tuotannossa		
Sivumäärä	38		

Tässä opinnäytetyössä käsitellään kaksiulotteisten peliresurssien, kuten hahmojen, taustojen ja objektien tuottamista tekoälyä hyödyntäen. Raportissa käsitellään Midjourney-, Stable Diffusion-, Dall-E- ja Google Colab-ohjelmistoja ja lopputuotoksena oleva työnkulku peliresurssien tuottamisesta toteutettiin Stable Diffusion WebUI:lla.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksia peliresurssien tuottamisessa, pelikehityksen nopeuttamiseksi sekä peliartistien työkuorman helpottamiseksi.

Keskeisiä käsitteitä tässä raportissa ovat kaksiulotteisuus, tekoäly sekä kuvien generointi. Tutkimusmenetelmä oli hyvin pitkälti asiantuntijoiden tai alansa ammattilaisten antamien lausuntojen kerääminen ja vertaaminen toisiinsa.

Keskeisiä tuloksia olivat tekoälyn hyödyntämisen tuomat haasteet, sekä positiiviset vaikutukset pelikehitystyöhön. Haasteita ovat muun muassa tekoälyn generoimien kuvien laadukkuus, sekä halutun lopputuloksen saavuttaminen. Hyödyiksi voidaan katsoa peliresurssien tuottamisen nopeutuminen, konseptikuvien tuottamisen helppous sekä artistien työtaakan keveneminen.

Information Technology
Bachelor of Engineering

Author	Rebekka Koivuranta	Year	2024
Supervisor(s)	Petri Hannula		
Commissioned by	FrostBit Software Lab		
Title	Utilization of AI in the production of 2D game resources		
Number of pages	38		

The purpose of this thesis study was to explore the possibilities of using AI in game resource generation to speed up game development and ease the workload of game designers.

Key concepts in this study were two-dimensionality, artificial intelligence, and image generation. The research technique was based on collecting and comparing the opinions of experts or professionals in the field. Two-dimensional game resources, such as characters, backgrounds and objects were created using AI. Midjourney, Stable Diffusion, Dall-E and Google Colab were covered in the study, and the final workflow for generating game resources was conducted using Stable Diffusion WebUI.

The key findings were the challenges of using AI, as well as its positive impact on game development work. Challenges include the quality of the AI-generated images and achieving the desired outcome. The benefits include speeding up the production of game resources, ease of producing concept images and reducing the workload of artists.

Keywords

artificial intelligence, game design, game graphics

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TEKOÄLY PELISUUNNITTELUSSA	7
2.1	Tekoäly ja pelitaide	7
2.1.1	2D-pelitaiteen perusta	7
2.1.2	2D-pelitaiteen tyylit	9
2.1.3	Tekoälyn taiteellinen kyvykkyys.....	12
2.1.4	Tekoäly pelimaailmassa	13
2.1.5	Tekoälyn vaikutus pelisuunnittelussa	15
2.2	Kuvan tuotto tekoälyä hyödyntäen.....	16
2.2.1	Stable Diffusion	16
2.2.2	Midjourney	17
2.2.3	Dall-E.....	18
2.2.4	Google Colaboratory	19
3	TOTEUTUS	20
3.1	Stable Diffusionin asennus	20
3.2	Peliresurssien tuottaminen tekoälyllä	21
3.3	Työnkulku 2D-peliresurssien tuottamisesta tekoälyllä	27
3.3.1	Stable Diffusion WebUI	27
3.3.2	DreamBooth	28
4	POHDINTA	36
	LÄHTEET	38

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyöraportissa käsittelen kaksiulotteisten peliresurssien luomista tekoälyä hyödyntäen pelikehityksen näkökulmasta. Opinnäytetyö toteutetaan yhteistyössä FrostBit Software Labin – Lapin Ammattikorkeakoulun oman tietoteknisen laboratorion – kanssa. Projektin toimeksiantona on lopputuloksena oleva työnkulku kaksiulotteisten peliresurssien luomisesta tekoälyä hyödyntäen.

Generatiivinen tekoäly on pelikehityksessä suhteellisen uusi ilmiö, mutta yleistä tekoälyä on käytetty jo 1980 suosituissa Pac-Man-pelissä luomaan illuusio vihollishahmojen erilaisista persoonallisuuksista sekä liikkumismalleista (Big Cloud 2020). Tässä raportissa käsitellään tekoälyn vaikutusta ja kehitystä pelisuunnittelun näkökulmasta rajaten ulkopuolelle tekoälyn historia sekä sen määrittelemisen. Ensimmäiset kuvantuotossa hyödynnettävät tekoälyt esiteltiin 1960-luvulla, mutta sisällön tuottaminen niillä tuli käytännölliseksi vasta 2000-luvun puolivälissä, kun suuret datamäärät yleistyivät ja laitteistot kehittyivät (Lawton 2024).

Projektin ulkopuolelle on rajattu kolmiulotteiset visuaaliset elementit, audiovisuaaliset elementit sekä koodi. Projektiin kuuluvia visuaalisia elementtejä ovat kaksiulotteiset UV-kartat, tekstuurit sekä hahmot, ympäristöt ja ikonit.

Tutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa tekoälyn käyttömahdollisuutta pelikehityksessä, sekä sen kykenevää toimia pelikehittäjän työkaluna peliresurssien luomisessa, ja prototyyppien sekä inspiraatiokuvien kehittämisessä. Tutkimuksen kohteena olevat tekoälyt ovat Midjourney, Stable Diffusion sekä Dall-E. Lisäksi käyn läpi palvelinkeskus Google Colabin hyödyntämistä tekoälyn opettamisessa.

Tekoälyn hyödyntäminen erityisesti pelikehityksessä antaa myös ei-artistisille henkilöille mahdollisuuden kehittää pelejä kustannustehokkaasti sekä nopeamman aikataululla. Tekoälyä voi hyödyntää myös kommunikaation selkeyttämisessä esimerkiksi toimeksiantajan ja peliartistien välillä. Erityisesti interaktiivisten tarinoiden kirjoittajat voivat tekoälyn ansiosta keskittyä enemmän tarinankerrontaan ja tuoda oman näkemyksensä eloon vaivattomammin antamalla tekoälyn hoitaa kuvituspuolen. Tämä parantaa myös pienten toimijoiden kilpailukykyä pelikehittämisen kasvavien vaatimusten sekä rahoitusten kannalta.

Kartoitukseen sisältyvät alan ammattilaisten lausunnot, kuten artikkelit, blogikirjoitukset sekä kirjalliset teokset. Suurin osa tekoälyä koskevista tutkimuksista löytyy internet-lähteinä, tekoälyn käytön viimeaikaisen kehityksen ja suosion takia. Painettuja lähteitä on erittäin rajatusti, koska generatiiviset tekoälyohjelmistot kehittyvät todella nopeasti.

Koska tutkimuksessa keskitytään täysin kaksiulotteisten peliresurssien luomiseen, käyn läpi erityisesti luvussa 2.1.2 eri 2D-pelityylejä. Näitä pelityylejä katsotaan olevan seitsemän erilaista, joista jokaista on hyödynnetty tai hyödynnetään edelleen erilaisissa 2D-peleissä.

Kolmannessa luvussa käyn läpi prosessin, jonka avulla tuotin erilaisia kaksiulotteisia peliresursseja Stable Diffusionin sekä Google Colaboratoryn avulla. Testauksessa ja työnkulun kehittämisessä keskityin erityisesti hahmojen sekä taustojen tuottamiseen.

2 TEKOÄLY PELISUUNNITTELUSSA

2.1 Tekoäly ja pelitaide

Käsittelen muun muassa kaksiulotteisen pelitaiteen perustaa ja käyttötarkoituksia, tekoälyn kykyä tuottaa pelitaidetta, sen vaikutusta pelisuunnittelutyöhön, sekä miten tekoälyllä voidaan luoda kaksiulotteisia peliresursseja.

Sivuan myös hieman tekoälyn hyödyntämisen varjopuolia, joita ovat muun muassa pelko työpaikkojen menettämisestä tekoälyn kehittymisen takia sekä mahdolliset oikeudelliset haasteet, joita voi tulla eteen käytettäessä tekoälyn luomaa taidetta peleissä.

2.1.1 2D-pelitaiteen perusta

Ytimeltään peli on leikkiä, jolla on rakenne (Kuorikoski 2018, 21). Rakenne digitaalisille peleille luodaan visuaalisten elementtien, kuten taustojen sekä hahmojen avulla. Tässä opinnäytetyössä käsitelläänkin nimenomaan digitaalisen peliympäristön visuaalisia elementtejä, sekä pohditaan miten tekoälyä voisi käyttää pelintekoprosessin apuna.

Kaksiulotteinen taide on minkälaista taidetta tahansa, joka esitetään kaksiulotteisella pinnalla. Kaksiulotteista taidetta on kaikki taide, joka on olemassa vain kahdessa ulottuvuudessa, kuten korkeus ja leveys. (Aiken 2023.) Kaksiulotteiseen pelitaiteeseen ei siis kuulu syvyys, mutta syvyyden vaikutelma voidaan saada aikaan lisäämällä taiteeseen esimerkiksi varjoja.

On olemassa monia keinoja luoda syvyyttä myös kaksiulotteiseen taiteeseen, joista merkityksellisempiä ovat Deanna DeBaran (2024) mukaan muun muassa kuvassa esiintyvien objektien koon tai etäisyyden muokkaamista suhteessa muihin objekteihin, objektien päällekkäisyys, perspektiivin muuttaminen sekä tekstuuri ja värigradientti aiemmin mainitun varjojen lisäämisen lisäksi. Mai Nguyen tuo opinnäytetyössään esille lukuisia syitä, miksi pelikehityksen kannalta kaksiulotteinen taide on käytännöllisempää tai helpompaa kehittäjien kannalta. Hän

kertoo kaksiulotteista taidetta hyödyntävien pelien olevan yksinkertaisempia viidellä osa-alueella tarkasteltuna. Nämä osa-alueet ovat liike, hallinta, ympäristö, kamera ja tavoite. (Nguyen 2021, 5.)

Starloopin artikkelin kirjoittaja uskoo kaksiulotteisen taiteen olevan yksinkertaisempi ratkaisu, koska objektin liikkeet ovat lineaarisia, mitä voi olla helpompi oppia hallitsemaan kuin kolmiulotteisen pelin liikettä (StarloopStudios 2024). Myös Juegostudion blogissa JuegoAdmin toteaa kaksiulotteisten pelien mekaniikan olevan rajallisempaa ja yksinkertaisempaa ja siten helpommin hallittavissa kuin kolmiulotteisessa pelissä liikkuminen (Juegoadmin 2023).

Egor Piskunov (2023) kertoo satunnaisesti pelaavien tai uusien pelaajien pystyvän yleisesti ottaen pelaamaan ja ymmärtämään paremmin kaksiulotteisia pelejä. Hänestä yksinkertaisemmat grafiikat ja mekaniikat voivat tehdä siitä lähestyttävämmän laajemmalle yleisölle.

Työharjoitteluni toi kokemuksen pelin kehittämisestä ja testaamisesta pienellä otannalla ei-diginatiivin sukupolven edustajia. Tämä sukupolvi osasi hyvin käyttää kaksiulotteisia pelejä, joskin ohjeiden piti olla todella selkeät ja mekaniikan suoraviivainen. Kaksi peleistä toteutettiin osittaisena kolmiulotteisuutena, mikä johti testiryhmän turhautumiseen. Kameran kääntäminen pelissä koettiin hämmentäväksi ja turhaksi. Ottamatta kantaa testiryhmän digitaaliseen osaamiseen, tämän kokemuksen perusteella vaikuttaisi, että kaksiulotteisia pelejä on huomattavasti helpompi käyttää ja hyödyntää vanhempien ikäryhmien keskuudessa. Tätä olettamusta tukee muun muassa Main Leaf Gamesin (2022) artikkeli, jossa todetaan 2D-pelien fysiikan käsittelyn olevan paljon helpompaa ja siksi suosittelumpaa aloittelijoille.

Dhruv Mevadan (2023) mukaan kaksiulotteisen pelin kehittäminen ei ole liian helppoa, eikä myöskään liian haastavaa. Hänen blogikirjoituksessaan käydään läpi kolme tärkeintä asiakokonaisuutta liittyen kaksiulotteisten pelien toteutusprosessiin. Mevadan mukaan kaikki mitä tarvitaan, on ymmärrys kaksiulotteisen pelitaidteen käsitteestä, erilaisista kaksiulotteisista pelitaidetyyleistä sekä prosesseista, jolla luodaan kaksiulotteista pelitaidetta.

2.1.2 2D-pelitaiteen tyylit

Bryan Wirtz (2023) käsittelee artikkelissaan erilaisia 2D-videopelitaidetyylejä sekä niiden historiaa. Hänen mukaansa yksi suosituimmista on kaksiulotteinen pikselitaide, joka on hänestä suosittua vielä tänäkin päivänä, vaikka aiemmin sitä käytettiin koska se oli ainut mitä pelit pystyivät prosessoimaan graafisen tehon puolesta.

2D-pikselitaide muodostuu yksittäisistä pikseleistä, jotka näkyvät ruudulla valmiina pelin kuvahahmona. Sprite on kaksiulotteinen bittikartta, joka on osa laajempaa kokonaisuutta. Sprite voi olla esimerkiksi staattinen kuva, kuten hahmo, tai animoitu grafiikka. (Educative Inc. 2024.)

2D-pelitaiteella on yleisesti katsottuna seitsemän eri tyyliä. Nämä tyylit ovat flat, vector, geometric, pixel, cartoon, cel shading sekä monochromatic. (Rafiee 2024, Bramble 2023.) Seuraavissa kappaleissa kerron hieman lisää jokaisesta.

Flat on tyylinä hyvin yksinkertainen ja minimalistinen (Rafiee 2024). Tämän tyylin peliresurssit esitetään ilman syvyyttä tai tilavuutta ja ne ovat yleensä rakennettu yksittäisistä värikappaleista (Bramble 2023). Wirtz (2023) toteaa artikkelissaan tyylin olevan juuri sitä miltä se kuulostaakin: flat on englantia ja tarkoittaa litteää. Hän yhtyy Rafieen ja Bramblen arvioon tyylin yksinkertaisuudesta, mutta lisää myös tämän tyylin olevan hyvin tyypillinen 2D-pelien taidetyyli, sillä siinä korostetaan taustan, vihollisten, hahmojen ja muun sisällön litteitä ja yksinkertaisia piirteitä.

Vector tyyliille tyypillistä on terävät reunat sekä mahdollisuus muuttaa kuvien kokoa huonontamatta laatua. Tämä johtuu siitä, että niiden luomisessa käytetään matemaattisia menetelmiä. (Rafiee 2024, Bramble 2023). Myös Wirtz (2023) kehuu tyyliä, sanoen sillä olevan hämmästyttävän korkea resoluutio sekä graafiset ominaisuudet. Hän tarkentaa myös tyylin koostuvan täysin polygoneista, käyttäytymisestä ympäristöön asti.

Geometric tyyli ei paljoa selittelyjä vaadi ja niin Rafiee (2024) kuin Bramble (2023) sekä Wirtz (2023) toteavatkin artikkeleissaan taiteen olevan nimensäkin mukai-

sesti geometrisiin muotoihin keskittyvä. Bramble huomauttaa, että tyylinä geometric on hyvin minimalistisen taiteen kaltaista ja löytyykin yleisimmin puhelinsekä opetuksellisista peleistä. Myös Rafiee pitää tyyliä kaikista yksinkertaisimpana, mutta Wirtz huomauttaa, että vaikka tyyli keskittyy muotoihin, muotojen ei tarvitse välttämättä olla yksinkertaisia.

Pixel art, tai suomeksi pikselitaide, on yksi ensimmäisistä ja nostalgisin pelitaitteen tyyli (Rafiee 2024, Bramble 2023). Wirtz (2023) kertoo artikkelissaan varhaisimpien 2D-pikselitaideversioiden ilmenneen jo muinaisten kaupunkien seinien mosaiikeissa. Bramble huomauttaa tyylin olevan yhä suosittu sen nostalgisuudesta huolimatta. Hän tarkentaa myös pikseleillä tarkoitettavan neliöitä, jotka muodostavat isomman objektin.

Cartoon tyyliä kutsutaan myös rennoksi taidetyyliksi ja se sisältää sekä käsinmaalattuja että low-poly-vaihtoehtoja (Shahbazi 2024). Tämä pitää sisällään siis niin doodle artin, että käsin piirretynkin. Doodle art on tyyliltään usein hieman abstraktimpi kuin pelkästään käsin piirretty. Tyylin objektit ovatkin usein vapaalla kädellä piirrettyä. Käsin piirretty taas voi olla resursseja, jotka on tehty digitaalisesti näyttämään käsin piirretyltä tai kirjaimellisesti käsin piirrettyä, joka on sitten muutettu spriteksi. (Bramble 2023.)

Cel shading tyylinä sitoutuu vahvasti cartoon tyyliin, sillä sen avulla myös 3D-objekteille voidaan antaa 2D, cartoon tyylinen ulkomuoto (VFX Apprentice 2023). Cel shading on tunnetuin The Legend of Zelda pelistä ja siinä korostuu litteät värit sekä terävät ääriviivat (Rafiee 2024). Bramble (2023) pitää cel shadingin listauksesta 2D-pelitaidetyylinä hyvin kiistanalaisena. Hän toteaa cel shading taiteen koko idean olevan kolmiulotteisten elementtien tekeminen kaksiulotteisen näköiseksi. Tätä toteamusta tukee Lettierin (2020) artikkeli, jossa kerrotaan cel shadingin olevan tekniikka, jolla 3D-objekteista saadaan kaksiulotteisen näköisiä tai litteitä. Wirtz (2023) pitää tyyliä yhtenä uniikkeimmista ja ajattomimmista 2D-pelitaidetyyleistä.

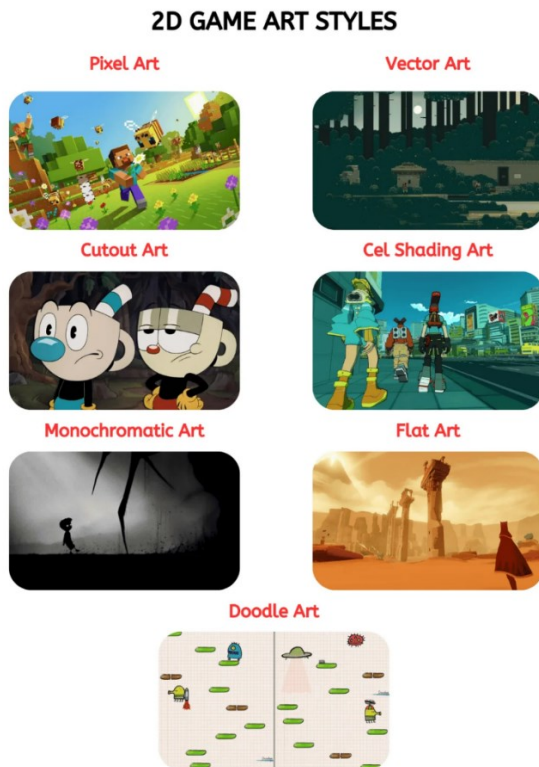
Monochromatic tyylillä tarkoitetaan nimensä mukaisesti pelityyliä, jossa grafiikat, taustat, muotoilut ja kaikki muukin on yhdessä sävyssä (Wirtz 2023). Rafiee (2024) määrittelee artikkelissaan tyylin koostuvan yhdestä väristä, mustasta tai

valkoisesta, pohjaväriin, sekä sen eri sävyistä. Bramblen (2023) mukaan voi olla osuvampaa määritellä tyyli, siten että hyödynnetään hyvin rajallista väripalettia.

Myös 3D-peleissä suosituksi noussut realismi on löytämässä tiensä myös 2D-peleihin ja tätä pelityyliä kutsutaan HD-2Dksi. Tätä tyyliä käytetään muun muassa klassikoiden uusissa versioissa. Siinä yhdistetään 2D-pikselispriteanimoinnit 3D-taustan kanssa luoden yhden uuden pelityylin, joka vetoaa niin 2D-pelejä kuin 3D-pelejäkin rakastaviin ihmisiin. (Randell 2023.)

UtilitiesOne (2023) artikkelin mukaan tilastot osoittavat pelaajien hyväksyneen simulaatiot maailmanlaajuisesti. Simulaatioilla tarkoitetaan realistisia pelikokemuksia. Simulaatiomarkkinoiden ennustetaan kasvavan CAGR:lla 9,9 prosenttia vuosina 2020–2027. Tämä osoittaa realististen ja mukaansatempaavien pelikokemusten kasvavan kysynnän. Yhtenä kaksiulotteisten pelien haittapuolena pidetään kuitenkin realismin puutetta (Kliuch 2023).

Kuviossa 1 on Shahbazin (2024) artikkelistakin löytyvä Pixunen kuva, jossa näkyy esimerkki jokaisesta seitsemästä tyylistä. Kuvan alareunassa oleva doodle art tyyli on yksi esimerkki cartoon tyyleistä, kuten yllä mainittiinkin.



Kuvio 1 Pixunen, 2D Game Art Styles (Shahbazi 2024)

2.1.3 Tekoälyn taiteellinen kyvykkyys

Seuraava kysymys onkin, kykeneekö tekoäly toistamaan saman prosessin, jonka avulla ihminen tekee pelitaidetta tai kaksiulotteisia visuaalisia elementtejä peliin. Ali Bawjan (2023) kirjoittaman artikkelin mukaan tekoälyllä ei pystytä korvaamaan peliartisteja huolimatta tekoälyn huomattavasta kehityksestä viime vuosien aikana. Hänen mukaansa tekoälyltä puuttuu luovuutta ja intuitiota, mutta se voi toimia työkaluna artistille.

Tekoälyn käytössä olennaisin ja haasteellisin asia on tekstikehityksen muotoileminen. Tekstikehoite, tai prompti, on tekoälylle kirjoitettava ohje, miten saadaan aikaiseksi haluttu lopputulos (Ojanperä 2023, 113). Käsittelen tekstikehitysten luomista tarkemmin luvussa 3.2.

Tekoälyn luoma taide käyttää historiallista dataa tuottaakseen teoksia, jotka vastaavat olemassa olevia odotuksia eli se tekee uutta taidetta olemassa olevan taidteen pohjalta (Libby 2022). Toisin sanoen tekoäly ei kykene itse luovaan ilmaisuun vaan se tuottaa erilaisia variaatioita sille opetetusta materiaalista.

Myös University of Plymouthin (2024) artikkelissa pohditaan argumentteja puolesta ja vastaan koskien tekoälyn luomien tuotosten kutsumista taiteeksi. Artikkelissa tehdään seuraavanlainen yhteenveto asiasta:

”If we refer back to how culture has defined art throughout history – and viewed in light of the institutional definition of art – everything can be art, as long as it is recognised as such.” University of Plymouth 2024.

Nykyisen tiedon pohjalta tekoäly tuottaa taidetta vain, kun ihminen kehottaa sitä siihen ja opettaa sille mitä taide on. Tekoäly voidaan siis opettaa tuottamaan taidetta, mutta itsenäisesti se ei siihen kykene. Generatiiviset tekoälyt ovatkin enemmän työkaluja, jotka täydentävät luovien ihmisten työskentelyä (Wisneski 2023). Kuten minkä tahansa työkalun kanssa, myös generatiivisen tekoälyn hyödyntäminen vaatii opettelua. Erityisesti yhdenmukaisen sekä halutun mukaisen tuotoksen saaminen vaatii vaivannäköä.

2.1.4 Tekoäly pelimaailmassa

University of Silicon Valley vastaa blogikirjoituksessaan kysymykseen ”Miten tekoäly tulee vaikuttamaan peliteollisuuteen?”. Postauksen kirjoittaja ottaa esille yksitoista eri tarkastelukohtaa aina tekoälyn tuomista eduista sen mahdollisesti aiheuttamiin haittoihin. Yksi pelien mahdollisista kompastuskivistä on haastavuuden ja turhautumisen tasapainon löytäminen. Pelin pitää olla tarpeeksi haastava, että mielenkiinto pysyy yllä, mutta jos pelaaja kokee pelin mahdottomaksi ja turhautuu, todennäköisyys että peliä ei pelata enää kasvaa. (Silicon Valley 2023.)

Edmund McMillen (2010) toteaa artikkelissaan koskien vaikeusaste ongelmaa, vaikeusasteen määrittelyn olevan niinkin yksinkertaista kuin todennäköisyys pelaajan kuolemiselle kertaa rangaistus kuolemista. Hänen mukaansa kyseistä laskukaavaa on käytetty jo pelihalleissa, milloin merkittävin rangaistus oli joutua lisäämään neljäsosa dollari koneeseen. Nykyään pelejä pelataan enemmän tietokoneilla ja konsoleilla, joten rangaistus muuttui rahallisesta enemmänkin turhautuksen puolelle. Pelissä voi esimerkiksi hävitessään menettää elämän tai joutua aloittamaan tason tai koko pelin alusta. McMillenin mukaan samoihin aikoihin riski/palkinto tasapaino tuli vahvemmin esille. Tällä hän tarkoittaa pelaajan mahdollisuutta ottaa ylimääräisiä riskejä saadakseen enemmän palkkioita.

Rangaistukset ovat jopa lähes tulkoot poistuneet suurimmasta osasta pelejä niiden aiheuttaman turhautumisen takia. Tilalle kehitettiin tallennuspiste systeemi, minkä avulla pelaaja ei joudu aloittamaan peliä alusta vaan pelkästään yrittämään kenttää tai peliosuutta uudelleen. Tämä mielestäni mahdollisti myös tarinapainotteisempien pelien ilmestymisen. (McMillen 2010.)

Vaikeusaste ja sen toteutus on ehkä keskeisimpiä asioita pelikehityksessä. Silicon Valleyn (2023) artikkelissa tuodaan esille tekoälyn mahdollisuus hyödyntää koneoppimista analysoidessaan pelaajan pelikäyttäytymistä ja sen avulla personoida pelikokemusta niin vihollis- kuin tiimihahmojenkin osalta. Artikkelissa todetaan tekoälyn myös kykenevän tehostamaan grafiikkoja ja realismia sekä virtaviivaistamaan pelikehittämistä. Kuten aiemmin todettiin tekoälyn taiteellinen kyvykyys – osiossa, tekoälyllä on mahdollista avustaa muodollisen sisällön tuottamisessa, kuten maasto, tasot ja jopa tehtäviä ja sivujuonia.

Tekoäly avaa myös mahdollisuuden personoituun tarinan kerrontaan, mikä tekee peleistä kaikkien aikojen uudelleen pelattavimpia. Pelaajan valinnat ja teot voivat vaikuttaa jopa itse tarinan kulkuun ja pelin lopputulemaan eikä vain pintapuolisesti dialogin muodossa (Silicon Valley 2023).

Yhtenä hyvänä esimerkkinä melko yksinkertaisesta pelistä Stardew Valleysta on tullut todella suosittu (yli kaksikymmentämiljoonaa peliä myyty) ehkä nimenomaan sen persoonallisuuden ja uudelleen pelattavuuden takia. Lev Barret (2023) tekee seuraavanlaisen yhteenvedon artikkelissaan pelin viehätyksestä: Pelaajat palaavat Stardew Valleyn pariin, koska se tuntuu kuin oikealta maailmalta, yhtä aikaa eletyttä, rakastavalta ja vaikealta. Se on maailma, johon on helppo eksyä – maailma, joka tekee oikeasta elämästä vähän helpommin kestävävän.

Stardew Valleyn vahvuus on nimenomaan sen ei-pelattavien hahmojen moniulotteisuudessa, sekä pelin pelaajalle räätälöidyssä tarinankulussa, mikä on mahdollista tekoälyn, joksikin hyvin yksinkertaisen sellaisen, ansiosta. Tämä peli on julkaistu vuonna 2016 ja tekoäly on mennyt huomattavasti eteenpäin sen jälkeen. (StardewValley 2024)

Andrew Miller (2023) tuokin artikkelissaan esille, kuinka pelit ruokkivat tekoälyn edistystä. Artikkelissa kerrotaan tekoälyn ohjaavan pelaajaa reagoivaan käyttäytymiseen videopeleissä, erityisesti ei-pelattavien hahmojen ihmispelaajan toimintaan mukautumisen kautta. Ei-pelattavat hahmot, jotka ovat usein liittolaisia tai vihollisia, säätelevät käytöstään dynaamisesti, rikastuttaen pelaajien kokemuksia erilaisilla vuorovaikutuksilla. Tekoäly muokkaa pelien maisemia edelleen, muuttaen maastoa pelaajien päätöksien perusteella ja kasvattaen mukaansa tempaavia sekä kehittyviä ympäristöjä.

Tekoäly mahdollistaa myös reilun ja turvallisen monipelaamisen edistyneellä huijauksen estämisellä, mutta samalla herää myös huoli tietoturvallisuuden osalta sekä tekoälyn hyödyntämisen eettisistä näkökulmista. Tekoälyn avulla voidaan muun muassa näyttää pelaajalle osuvampia mainoksia, mutta myös tarjota pelaajalle kohdistettuja tarjouksia, joiden voidaan katsoa hyödyntävän pelaajan heikkouksia. Artikkelissa nostetaan esille tasapaino tuottavuuden ja pelaajan hyvinvoinnin kanssa. (Miller 2023.)

Silicon Valleyn artikkelissa otetaan esille myös yksi tekoälyn ehkä merkittävimmistä uhkakuvista eli pelosta, että tekoäly vie ihmisten työt. Artikkelissa nähdään työpaikkojen siirtyminen mahdollisena ja sen omaksuminen helpompana sekä mahdollisena kilpailuetuna isommilla yrityksille. Pelisuunnittelijoista on artikkelin mukaan kehittymässä niin sanottuja ”tekoäly koreografeja”. (Silicon Valley 2023.)

2.1.5 Tekoälyn vaikutus pelisuunnittelussa

Aman Kishore (2023) pureutuu artikkelissaan tekoälyn avulla luotujen peliresurssien mahdollisuuksiin, kutsuen sitä seuraavan tason pelisuunnitteluksi. Hän pitää generatiivista tekoälyä voimakkaana työkaluna, mikä mahdollistaa pelikehittäjät kiihdyttämään koko kehitysprosessia, kaikki prototyyppien luomisesta kiillotettujen peliresurssien tuottamisen. Nykyisiin käyttötarkoituksiin kuuluvat artikkelin mukaan erityisesti pelikehittäjien pikselitaide 2D-pelejä varten, kuvat tekstipohjaisille roolipeleille, markkinointisisältö sekä tekstuurit 3D-peliresursseille.

Tekoälyä voi hyödyntää erityisesti prototyyppien luomisessa ja inspiraation hakeemisessa. Artikkelissa tuodaan esille kaksi tekoälyä, joilla luodaan suurin osa 2D-sisällöstä, mitkä ovat Stable Diffusion ja Midjourney. Tekoälyllä tuotettujen peliresurssien laatu voi olla ennalta-arvaamatonta ja voi vaatia merkittävää inhimillistä valvontaa ja hienosäätöä (AIContentfy Team 2023.)

Chay Hunter käy läpi blogikirjoituksessaan lukuisia tapoja, joilla artistit voivat hyödyntää tekoälyä ja jopa delegoida osan työtaakasta tekoälylle. Hän tuo esille, että vaikka tekoäly ei kykene luomaan yhdenmukaista hahmoa, toimeksiantajalle voi olla hyödyllistä luoda tekoälyn avulla konseptikuvia artisteille näytettäväksi. Toisaalta hän kehottaa hyödyntämään tekoälyä maailman suunnittelussa karttojen ja taustatarinoiden sekä peliresurssien, ikonien ja tekstuurien osalta. Lisäksi hän kokee hyödylliseksi tekoälyn kykyä luoda paljon variaatiota, joka mahdollistaa taiteen laaja-alaisen testaamisen esimerkiksi testipelaajien toimesta. (Hunter 2023.)

Stable Diffusionille on olemassa Depth-to-Image -malli, jolla on mahdollista lisätä eläväisiä tekstuureja 3D-peliresursseille. Sen Blender-lisäosa kykenee lisäämään tekstuureja suoraan 3D-malleihin. Kaiken kaikkiaan Kishore uskoo generatiivisen tekoälyn tekevän pelikehittämisestä nopeampaa, helpompaa ja helpommin saatavilla olevaa kaiken tasoisille pelikehittäjille. (Kishore 2023.)

Tekoälyn hyödyntäminen peliresurssien tuottamisessa ei kuitenkaan ole täysin virtaviivaista. Tekoälyn tuottaman taiteen ollessa vielä aika uusi konsepti siihen liittyvät oikeudelliset aspektit eivät ole vielä vakiintuneet. Euroopan komissio tähtää käsittelemään tietynlaisen tekoälyn hyödyntämien tuottamia riskejä täydentävien, oikeasuhteisten ja joustavien sääntöjen avulla. Nämä säännöt myös tarjoavat Euroopalle johtoaseman maailmanlaajuisen kultastandardin asettamisessa. (European Commission 2024.)

Voidaan väittää, että tekoäly ei voi luoda taidetta ilman ihmisen vuorovaikutusta ja näin ollen tekoälyn tuottama taide on aina ihmisen tuottamaa taidetta, vaikkakin työkalun avulla. Siitä huolimatta tekijän määrittäminen on este tekoälytaiteen rekisteröintikelpoisuudelle. (Caldwell 2023.) Yhdysvaltojen tekijänoikeusvirasto on jo pitkään katsonut tekoälyllä tuotettujen teoksien olevan muun kuin ihmisen luomaa ja tällöin ei tekijänoikeuden alaista (Glover & Urwin 2024). Euroopan parlamentti meni askeleen pidemmälle ja kehitti vuonna 2021 EU AI Act:in, joka on ensimmäinen tekoälyä koskeva asetuskäytäntö. Tämän asetuksen myötä generatiivisen tekoälyn käytön on noudatettava avoimuusvaatimuksia ja EU:n tekijänoikeuslainsäädäntöä. (European Parliament 2023.) Käytännössä tiettyjen maiden tekijänoikeuslakia noudattavilla henkilöillä on siis tekijänoikeus tekoälyllä avulla tehtyihin tuotoksiin, toisin kuin Yhdysvalloissa, koska Euroopan tekijänoikeuslaki ei aseta ehtoja tuotoksen tekijän ihmisyydelle (Borg, Podoprikhina, Alexander 2023).

2.2 Kuvan tuotto tekoälyä hyödyntäen

Tässä luvussa käsittelem kuvantuottoa eri tekoälyjen avulla. Olen ottanut tarkastelun kohteeksi kolme näistä, jotka ovat Stable Diffusion, Midjourney sekä Dall-E. Lisäksi käsittelem Google Colaboratoryn DreamBooth notebookia, jonka avulla Stable Diffusionille voidaan opettaa tietty tyyli, jonka mukaista tuotosta halutaan esimerkiksi jatkokehitystä varten.

2.2.1 Stable Diffusion

Parth Jain (2023) käy artikkelissaan läpi peliresurssien luomista Stable Diffusionin avulla. Ensimmäisenä hän tuo esiin, kuinka perinteisesti pelikehitys on ollut aikaa ja resursseja vaativa hanke, mutta tekoälyn avulla kehittäjät voivat saada

aikaan rikkaampia ja mukaansatempaavampia kokemuksia yhä vaivattomammin. Hän luettelee useita Stable Diffusionin käytön etuja: tehokkuus, rajoittamaton luovuus, matalammat kehityskustannukset, yhdenvertaisuus sekä mahdollisuus kehittää prototyyppejä, ja testata niitä käytössä usein, saaden palautetta kehitystyön tueksi. Hänestä Stable Diffusion ei ole enää pelkkä työkalu, vaan se edustaa vallankumousta. Stable Diffusionin vahvuudet ovat avoin lähdekoodi, maksuttomuus sekä mahdollisuus pyörittää ohjelmistoa omalla laitteella.

Peter Fodor (2023) käy artikkelissaan läpi konseptisuunnittelija Sabinan koke-
musta Stable Diffusionin käyttöönotosta ja sen sisällyttämisessä hänen taiteensa
tuotantoprosessiin. Heidän tavoitteenaan oli osoittaa että, vaikka tekoäly ei tuota
aluksi täydellistä kuvaa, on liian aikaista luovuttaa, sillä tuotosta voi hienosäätää
manuaalisesti. Hänen mukaansa Sabina onnistui toteuttamaan usean viikon työn
vain suunnilleen kolmessa tunnissa viikkojen sijaan, vaikkakin lopputulos ei ole
täydellinen. Hän säästi siis aikaa ja pystyi keskittymään työn taiteelliseen puo-
leen, mutta ei koe, että kone voisi korvata häntä, vaan pikemminkin edistää ja
tukea hänen luovaa prosessiaan. Mistään vallankumouksesta ei siis ole kyse,
pikemminkin hyvästä työkalusta.

Stable Diffusion on yksi johtavista generatiivisesta tekoälysovelluksesta, joka tar-
joaa erittäin kehittyneitä toimintoja kuvien luomisessa. Stable Diffusion on paras
laajamittaiseen räätälöintiin ja kuvien tuottamisen tekniseen hallintaan. (Ayuya
2024.)

2.2.2 Midjourney

Stable Diffusionin kanssa yksi johtavista generatiivisista tekoälyistä on Midjour-
ney. Se on Collins Ayuyan (2024) mukaan paras taiteellisten ja visuaalisesti vai-
kuttavien kuvien luomiseen. Se on kuitenkin Stable Diffusioniin verrattaessa vai-
keammin saatavilla oleva sekä maksullinen. Sitä ajetaan Discordin kautta mak-
sullisen tilauksen avulla. (Midjourney 2024.)

Stable Diffusionin ja Midjourneyn suurin ero on siinä, arvostaako enemmän tai-
teellista hienoutta ja yhteisön kanssa vuorovaikutusta vai teknistä räätälöintiä ja
monipuolisuutta. Edeltävä on Midjourneyn vahvuus ja jälkimmäinen Stable Dif-
fusionin. (Ayuya 2024.)

Midjourney kykenee tuottamaan todella laadukkaita kuvia, mutta ei ole kovin hyvä tuottamaan juuri haluttua lopputulosta. Midjourney ei vain jäljennä kuvaa, vaan luo täysin uuden mikä voi johtaa yksityiskohtien muuttumiseen. (Obedkov & Roz 2023.)

Melisa (2024) toteaaakin artikkelissaan johdonmukaisten hahmojen tekemisen Midjourneyn avulla olevan hieman painiottelua tekoälyn kanssa. Hänestä Midjourney on riittävän hyvä tuottamaan kuvan, jonka voi viimeistellä jälkituotannossa ja säästää paljon aikaa verratessa hahmon luomiseen tyhjästä. Midjourney on kuitenkin johdonmukainen tyylin, laadun ja resoluution osilta (OmiSoft 2023).

Koska Midjourney on yksi parhaista generatiivisista tekoälysovelluksista tällä hetkellä saatavilla (Guinness H. 2024), lukuiset artikkelit vertailevat sitä toisen johtavan ohjelmiston, Stable Diffusionin, kanssa. Suurimmaksi eroksi edellä mainittujen lisäksi tulee maksullisuus. Midjourney on helpommin saatavilla ja nopea, mutta Stable Diffusion on monipuolisempi ja täysin ilmainen (Martindale 2023).

2.2.3 Dall-E

Kolmas tarkastelun alla oleva generatiivinen tekoälysovellus on Dall-E. Se otetaan usein esille yhdessä yllä olevien kanssa ja hyvästä syystä. Dall-E 2:lla on jo yli 1.5 miljoonaa käyttäjää, jotka tuottavat yli kaksi miljoonaa kuvaa päivittäin (Kattikarn 2024). Kevin Roosen (2022) artikkelissa kerrotaan Brooklynissä asuvan pelikehittäjä Collin Waldochin hyötyneen niin rahallisesti kuin ajallisesti tekoälyn hyödyntämisestä verkkopelinsä kanssa.

Myös sisustussuunnittelija Isabella Orsi San Fransiscosta sekä elokuvantekijä Patric Clair kokevat, että sen sijaan, että tekoäly korvaisi konseptitaiteilijat tai veiseidän työnsä, se on enemmänkin yleistymässä oleva työkalu. Artikkelin lopussa lainataan lontoolaisen palvelumuotoilijan sanoja ja todetaan, että jos on minkäänlainen suunnittelija, oli se sitten visuaalinen, arkkitehtinen tai kaupunkisuunnittelija, tehdään luonnoksia luonnosten perään. Silloin (Dall-E) on siis luonnostyökalu. (Roose K. 2022.)

Dall-E on työkalu, jota voi käyttää verkkoselaimella. Dall-E ei ole täysin ilmainen, vaan kuvat maksavat joitain senttejä riippuen kuvan resoluutiosta (OpenAI

2024a). Dall-E 2 ei ole enää saatavilla uusille asiakkaille, mutta Dall-E 3 on saatavilla ChatGPT Plusissa ja OpenAI Developer API:n kautta (OpenAI Labs 2024).

Dall-E kolmen sanotaan edustavan harppausta eteenpäin kyvyssä luoda kuvia, jotka vastaavat täsmälleen antamaasi tekstikehotetta (OpenAI 2024b). Japan Times artikkelin kirjoittaja on samaa mieltä ja toteaa Dall-E 3:n tarjoavan parempia yksityiskohtia ja mahdollisuuden tuottaa tekstiä luotettavammin. Tämä tukee kuvittajien pelkoa siitä, että heidät korvataan heidän työtään jäljittelevällä tietokoneohjelmalla. (Metz R. 2023.)

2.2.4 Google Colaboratory

Google Colaboratoryn, tai lyhyesti Google Colabin, vahvuus on koneoppimisessa. Colabin avulla kuka tahansa voi kirjoittaa ja suorittaa haluamansa python-koodia selaimen kautta, ja se soveltuu erityisen hyvin koneoppimisen lisäksi myös data-analyysiin ja opetukseen. Se on ilmainen ja tarjoaa käyttäjälle ilmaiseksi tehokkaita pilvipalveluresursseja, priorisoiden käyttäjät, jotka aktiivisesti ohjelmoivat. Tämä varmistaa käyttömahdollisuuden opiskelijoille ja aliresursoituille ryhmille eri puolilla maailmaa (Google Research 2024.)

Colab vaatii koodaamista ja osaamista python-ohjelmointikielestä. On olemassa kuitenkin useita valmiita Google Colab Notebookeja, joita voi hyödyntää omissa projekteissa. Yksi esimerkki sellaisesta on Robert A. Gonsalvesin MachineRay2, joka tuottaa uniikkia abstraktia taidetta automaattisesti (Gonsalves 2024).

Colab ei ole edellä mainittujen kaltaisesti generoiva tekoäly vaan työkalu, jonka avulla tekoälylle opetetaan uutta sisältöä. Tämän avulla saavutetaan yhdenmukaisempia tuotoksia. Ennen kuin Dall-E julkistettiin ja Dream AI julkaistiin, moni tekoälytutkija ja hakkeri innostui leikkimään CLIP-tekniikalla, yhdistäen sen VQGANin kanssa luoden Google Colabin avulla alkeellisia tekoäly taideteoksia (Kurenkov 2022).

3 TOTEUTUS

Seuraavissa luvuissa käsittelen peliresurssien tuottamista Stable Diffusionin työpöytäversion avulla. Ensimmäisessä luvussa käsitellään laitevaatimukset, asennusprosessi sekä mahdolliset ongelmatilanteet ja niiden ratkaisut.

3.1 Stable Diffusionin asennus

Ensimmäiseksi tarkistetaan täyttyvätkö ohjelmiston vaatimukset päätelaitteella. Vähimmäisvaatimuksena on NVIDIA:n tai AMD:n erillinen näytönohjain, vähintään kymmenen gigatavua vapaata tilaa kiintolevyllä sekä vähintään neljä gigatavua muistia näytönohjaimella (Upwork 2023). Generatiiviset tekoälymallit, erityisesti edistyneimmät sellaiset, vaativat merkittävästi resursseja, kuten prosessointitehoa ja muistia (Forbes 2024).

Vaatimusten täytyessä ensimmäisenä asensin ohjelmiston riippuvuudet. Githubista asensin viimeisimmän Windows version, tässä tapauksessa 2.44.0 64bit. Githubin voi asentaa oletusarvoilla.

Stable Diffusionin edellyttämiä riippuvuuksia ovat Python 3.10.6 ja Github. Pythonista asensin halutun Stable Diffusion version kanssa toimiva versio, mikä on tässä tapauksessa Python 3.10.6.

Tietokoneelle luodaan kansio, joka voi olla nimeltään esimerkiksi stable-diffusion. Kansio avataan terminaalissa kirjoittamalla tiedostosijainnin kohdalle cmd. Terminaalissa kopioidaan Git tietovarasto, joka sisältää halutun Stable Diffusion version, tässä tapauksessa AUTOMATIC1111 – stable-diffusion-webui, komennolla *git clone*.

Stable Diffusioniin ladataan malli, jota käytetään kuvien generoimisessa. Hugging Face-sivustolta löytyy malli, jota on käytetty tässä esimerkissä, nimeltään runwayml/stable-diffusion-v1-5. Kahdesta ckpt-tiedosto vaihtoehtoista valitsen emaonly, mutta kummatkin toimivat.

Mallitiedoston nimi vaihdetaan "model" nimiseksi ja siirretään stable-diffusion-webui models kansioon. Kun kansiossa on kaikki tarvittavat tiedostot ja tarvittavat

asennukset on tehty, muokataan vielä webui-user.bat-tiedostoa. Tiedostoon lisätään parhaan suorituskyvyn ylläpitämiseksi *git pull*-komento tiedoston alkuun, joka hakee aina uusimman Stable Diffusion version tietovarastosta ennen ohjelmiston ajamista.

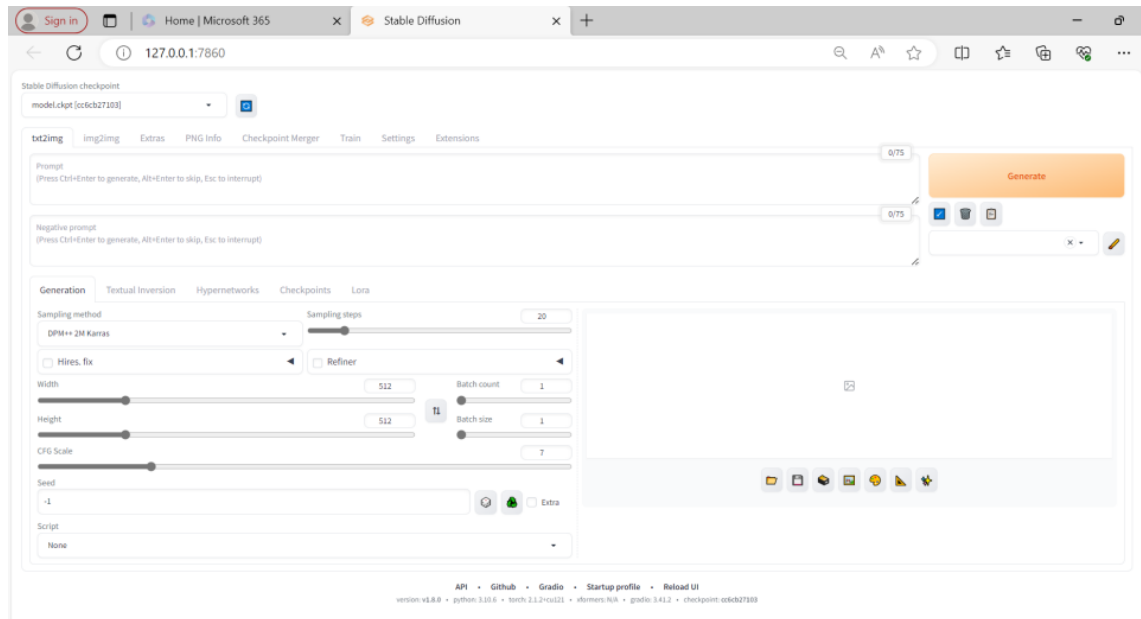
Tiedostoon lisätään jo tässä vaiheessa kaksi riviä koodia, jotka korjaavat yleisimmät ongelmat, mitkä ovat epäyhteensopiva Python-versio sekä Torch-ongelma. PYTHON= kohtaan lisään asentamani Python 3.10.6 tiedostosijainnin polun. Tämä voi olla esimerkiksi "PYTHON=C:\Users\MainUser\AppData\Local\Programs\Python\Python310\python.exe". Tämä estää ohjelmistoa yrittämästä käyttää mahdollisesti laitteessa olevaa uudempaa versiota, joka ei ole yhteensopiva. Torch-ongelma korjataan lisäämällä set COMMANDLINE_ARGS= –kohtaan seuraava rivin: *--skip-torch-cuda-test*. Tämän rivin voi joutua poistamaan myöhemmin, jos käyttää omaa mallia esimerkiksi tämän raportin DreamBooth osiossa.

Ennen ajamista tarkistetaan, jos stable-diffusion-webui-kansiosta löytyy jo valmiiksi venv-niminen kansio ja poistetaan se. Tässä vaiheessa tarkistetaan myös, että NVIDIA näytönohjaimen ajuri on ajan tasalla. Uuden NVIDIA-ajuri ladataan osoitteesta <https://www.nvidia.in/Download/index.aspx>. Tämän jälkeen ohjelma ajetaan kaksoisnapauttamalla webui-user.bat-tiedostoa. Ensimmäisen käynnistyksen yhteydessä Stable Diffusion asentaa useita riippuvuuksia, missä kestää hetki.

3.2 Peliresurssien tuottaminen tekoälyllä

Kun kaikki on asennettu, Stable Diffusion WebUI avautuu automaattisesti uuteen verkkoikkunaan tai sen voi avata kirjoittamalla osoitepalkkiin 127.0.0.1:7860.

Kuviossa 2. näkyy Stable Diffusionin käyttöliittymä ja sen erilaiset asetukset. Näistä lisää seuraavissa luvuissa.



Kuvio 2. Stable Diffusion WebUI ympäristö

Ohjelmisto on englanninkielinen, joten tekstikehoitukset kirjoitetaan englanniksi. Stable Diffusion Check Point kohtaan valitaan ladattu malli. Yllä olevassa kuviossa malli on valmiiksi valittuna.

Tämän jälkeen ohjelmistoa voi lähteä testaamaan. Oleellisia asioita tietää saada kseen hyvän lopputuloksen ovat halutun kuvan tyyppi, tyyli sekä halutut yksityiskohdat.

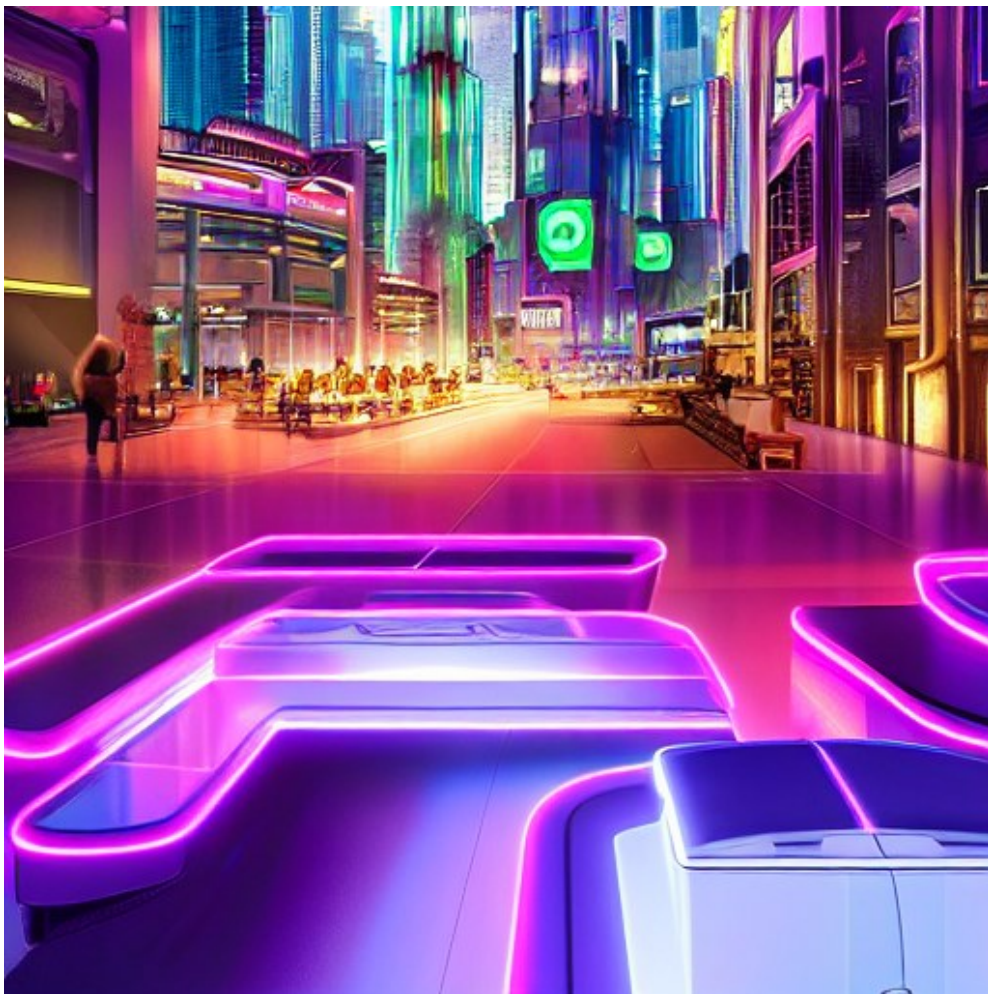
Esimerkki tekstikehoituksia voi etsiä netistä erilaisilta sivustoilta kuten PromptHero tai Lexica.art. Ensimmäisessä kokeilussa käytin DragGAN AI Toolin tarjoamaa esimerkkiä. Käytetty tekstikehoite:

Positive Prompt: A vibrant, bustling (futuristic cityscape) featuring towering skyscrapers designed in the shape of (video game consoles). The cityscape is set under a (neon-lit) sky, radiating an (energetic) ambiance. The (buildings) are intricately detailed, each console boasting (dynamic lighting) and (surreal) architectural elements. The scene is bathed in (vibrant) (pastel) hues, evoking a sense of (cosy) modernity. Utilize (3D) rendering techniques to achieve a (high-definition) outcome. The overall art style should lean towards (sci-fi) and (abstract), reminiscent of (H.R. Giger)'s biomechanical art. DragGAN AI Tool 2023.

Negative Prompts: (twisted fingers), (disfigured), (poorly drawn face), (extra limbs), (bad anatomy), (low contrast), (grainy), (overexposed), (distorted face), (beginner), (blurry). DragGAN AI Tool 2023.

Kuten esimerkin tekstikehoitteesta nähdään, hyvin yksinkertaisenkin kuvan tuottaminen vaatii paljon huomiota yksityiskohtiin niin positiivisen kuin negatiivisenkin kehoitteen osilta. Sampling steps vaihtoehto määrää kuinka monta kierrosta tekoäly parantelee kuvaa, mikä vaikuttaa oleellisesti kuvan laatuun. Tässä esimerkissä siihen asetettiin arvoksi 100. Minimiarvo tälle asetukselle on 1 ja maksimi 150.

Edellä mainituilla tekstikehoitteilla ja asetuksilla lopputulos on kuvio 3:n mukainen. Lopputulokseen vaikuttaa myös satunnaisesti valikoitunut "seed" arvo.



Kuvio 3. Stable Diffusion testikuva

Sama tekstikehotus korkeammalla sampling steps arvolla tuottaa hieman tarkemman kuvan. Kuvaa voi edelleen tarkentaa klikkaamalla "Create an upscaled version" – näppäintä. Näiden kahden muutoksen jälkeen kuva näyttää kuvio 4:n mukaiselta.



Kuvio 4. Testikuva kaksi

Kuvaa voi edelleen jatkokehittää tekstikehotteita ja asetuksia muuttamalla, kunnes siitä saa halutun kaltaisen. Mikäli lopputulos ei ole riittävä haluttuun käyttötarkoitukseen, sitä voi jatko käsitellä kuvankäsittelyohjelmistolla tai opettaa kyseisen mallin tuottamaan halutusta hahmosta tai tyylistä eri versioita google colabin avulla.

Stable Diffusionilla on useita asetuksia ja ominaisuuksia, joita muokkaamalla voidaan vaikuttaa niin kuvan laatuun kuin tuotosten yhteneväisyyteen. Eniten kuvien yhteneväisyyteen vaikuttaa seed asetukset. Kuvio 5:ssä näkyy ohjelmiston asetusvaihtoehdot.

The image shows the 'Generation' tab of the Stable Diffusion web interface. The settings are as follows:

- Sampling method:** DPM++ 2M Karras
- Sampling steps:** 20
- Hires. fix:**
- Refiner:**
- Width:** 512
- Height:** 512
- Batch count:** 1
- Batch size:** 1
- CFG Scale:** 7
- Seed:** -1
- Extra:**
- Script:** None

Kuvio 5. Asetuksia 1

Kuvion 2. Stable Diffusion käyttöliittymän kuvasta huomataan erilaisia välilehtiä olevan muun muassa txt2img ja img2img. Näistä txt2img on lyhenne "Text to Image" -toiminnosta, joka on ohjelman perustoiminto. Tämä muuttaa tekstikehoteen kuvaksi.

txt2img välilehdellä tärkeimmät asetukset ovat "Stable Diffusion checkpoint" mihin valitaan käytettävä malli, prompt eli tekstikehote sekä kuvan leveys ja korkeus. Kerralla generoitavien kuvien määrää voi muokata säätämällä "batch size" arvoa.

Leveys- ja korkeusarvot kannattaa asettaa vähintään yhdeltä sivulta 512 pikseliin, v1-mallia käytettäessä (Sagio Development 2024a). Kuvan korkeus ja leveys vaikuttavat lopputulokseen, koska tietyt mallit on koulutettu tietyillä leveys- ja korkeusarvoilla. Tekstikehote on ehkä tärkein muokattava asetetus, sillä se kertoo tekoälylle mitä sisältöä kuvaan halutaan.

Sagio Developmentin (2024b) artikkeli kertoo, että Stable Diffusion ei osaa lukea ajatuksia, vaan sille täytyy kertoa täsmälleen mitä halutaan. Hän kehottaa käymään läpi avainsanaluokat, jotka ovat aihe, medium, tyyli, jakopaikko, resoluutio, lisäyksityiskohdat, väri sekä valotus. Näiden avulla voidaan lähteä rakentamaan tekstikehotusta, joka tuottaa kuvia, jotka ovat mahdollisimman lähellä haluttua lopputulosta.

Tekstikehotteen lisäksi kuvaa voi ohjata tiettyyn suuntaan negatiivisen tekstikehotteen avulla, johon kirjoitetaan positiivisen tekstikehotteen tavalla, mutta asioita, joita ei haluta. Näitä asioita voivat olla muun muassa epämuodostuneisuus tai sumeus.

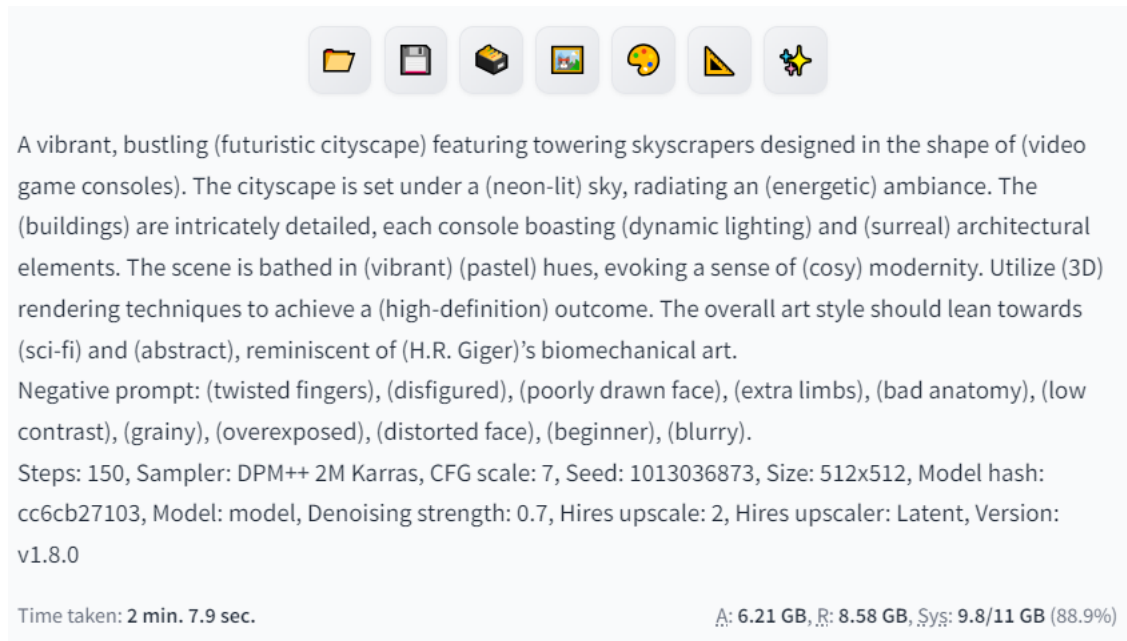
Sagio Developmentin (2024b) artikkelin mukaan tekstikehotteen rakentaminen on hyvä aloittaa yksinkertaisesti esimerkiksi pelkällä aiheella, mediumilla sekä tyyllillä. Hän kehottaa myös testaamaan tekstikehotetta aluksi luomalla vähintään neljä kuvaa, sillä kaikki kehotteet eivät toimi sata prosenttia ajasta.

Näytteenottomenetelmä, eli sampling method, asetus on myös yksi tärkeimmistä, koska sillä valitaan algoritmi kohinanpoistoa varten. Yksi hyvä on DPM++ 2M Karras, koska siinä nopeus ja laatu ovat tasapainossa. Voi olla hyvä idea välttää vaihtoehtoja, joissa on pieni a-kirjain. Sillä tarkoitetaan ancestral samplers vaihtoehtoja, jotka ovat melko epävakaita. (Sagio Development 2024a.)

Muita asetuksia on "CFG Scale", joka määrittelee, kuinka tarkasti malli yrittää seurata kehotetta ja seed, joka on eniten sisältöön tekstikehotteen jälkeen vaikuttava arvo sekä sampling steps, joka määrittelee näytteenottomenetelmän näytteenottovaiheiden lukumäärän. Näytteenottovaiheiden suurempi määrä vaikuttaa positiivisesti kuvan laatuun, mutta vie myös enemmän aikaa.

Seed arvo voi olla -1, mikä tarkoittaa satunnaisesti valittua arvoa tai esimerkiksi viimeksi käytetty arvo. Tämän avulla voi tuottaa saman kuvan, mutta lisätä tai poistaa yksityiskohtia tekstikehotteiden avulla.

Kaikki käytetyt asetukset ja kehotteet löytyvät kuvan tuottamisen jälkeen kuvan alla olevasta lokiviestistä. Viestin yläpuolella on myös erilaisia tallennus ja jälkikäsittely vaihtoehtoja. Kuvio 6 on esimerkki lokiviestistä, josta nähdään alareunassa muun muassa käytetty kohinanpoistoalgoritmi sekä kuvan seed arvo.



Kuvio 6. Esimerkki lokiviestistä

3.3 Työnkulku 2D-peliresurssien tuottamisesta tekoäyllä

3.3.1 Stable Diffusion WebUI

Tässä työnkulussa käydään läpi vaihe vaiheelta peliresurssien tuottaminen Stable Diffusion WebUI AUTOMATIC 1111-ohjelmistolla. Ennen peliresurssien tuottamista, Stable Diffusion sekä sen tarvitsemat riippuvuudet, täytyy olla asennettuna vähimmäisvaatimukset täyttävässä päätelaitteessa. Tästä kirjoitin tarkemmin kohdassa 3.1.

Ensimmäisenä täytyy olla pääpiirteinen näkemys halutusta lopputuloksesta. Haluttu lopputulos voi olla esimerkiksi tausta, hahmo tai objekti. Käytän ensimmäisenä esimerkkinä taustaa, sillä se on suhteellisen yksinkertainen toteuttaa.

Kun tiedetään mitä halutaan tuottaa, siitä muotoillaan tekstikehoite Stable Diffusionille tulkittavaksi. Tekstikehotteen luomista käsiteltiin tarkemmin osiossa 3.2. Tässä vaiheessa on myös hyvä miettiä kuvasuhdetta. 512 x 512 on Stable Diffusionin standardiresoluutio, ja se on enimmäkseen koulutettu tämän kokoisilla kuvilla. Hahmojen tuottamiseen parempi resoluutio on 512 x 768. (Ahmed 2024.) Resoluutioon vaikuttaa myös laitteiston suorituskyky.

Muita asetuksia, joita muutetaan tässä vaiheessa ovat batch size ja seed. Ensimmäinen määrittää kuinka monta kuvaa tuotetaan kerralla, mikä vaikuttaa Vramin käyttöön, mutta antaa myös jokaiselle kuvalle oman lokiviestin toisinkuin batch count. VRAM eli näyttömuisti on tietokoneen muisti, jota käytetään erityisesti tietokoneen kuvatietojen tallentamiseen (Gillis, Chai & Rosencrance 2024). Tämä on tärkeä resurssi kuvien generoimisessa. Lokiviestistä voidaan kopioida halutun kuvan seed arvon, mikäli kuvaa halutaan jatkokehittää. Kuvat voi myös tallentaa niiden yläpuolella löytyvästä latausnapista.

Kun löydetään kuva, johon ollaan melko tyytyväisiä, tallennetaan sen seed arvo, minkä jälkeen kuvaa voi muokata positiivista tai negatiivista tekstikehotetta sekä asetuksia muuttamalla. Erityisesti Hires. fix-vaihtoehdon avulla saadaan korkeampi laatusempi kuva samasta kuvasta tai voidaan luoda tarkempi versio nappia klikkaamalla. Tämä nappi löytyy ”create an upscaled version” nimellä.

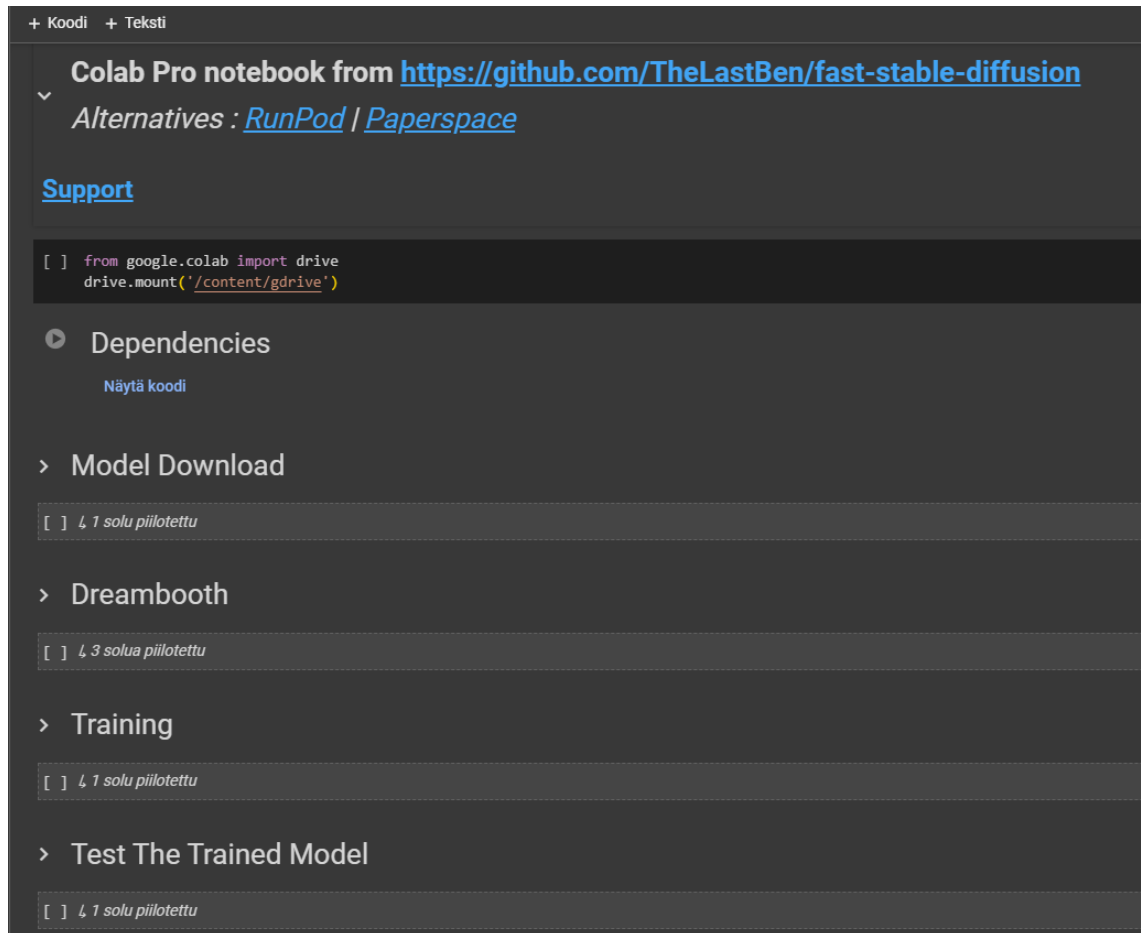
Näiden vaiheiden jälkeen on kuva, joka on riittävän lähellä haluttua lopputulosta jatkokäsittelyä varten. Tässä vaiheessa tuotos voidaan siirtää Google Colabiin, jos halutaan opettaa ohjelmisto tuottamaan eri tuotoksia samalla tyylillä.

3.3.2 DreamBooth

DreamBooth on tekniikka, jonka avulla Stable Diffusionille voidaan opettaa uusia käsitteitä hyödyntämällä erikoistunutta hienosäätöä (Patil 2023). Tämä on hyödyllinen esimerkiksi tilanteessa, jossa on useita Stable Diffusionilla tuotettuja konseptikuvia, joista halutaan saada erilainen tai viimeistellympi versio.

DreamBooth on Google Colab Pro Notebook, joka toimii verkkoselaimen kautta. Kerroin tarkemmin tästä kohdassa 2.2.4. Kokeilin tuottaa DreamBoothilla kuvia lemmikistäni erilaisissa paikoissa ja tilanteissa.

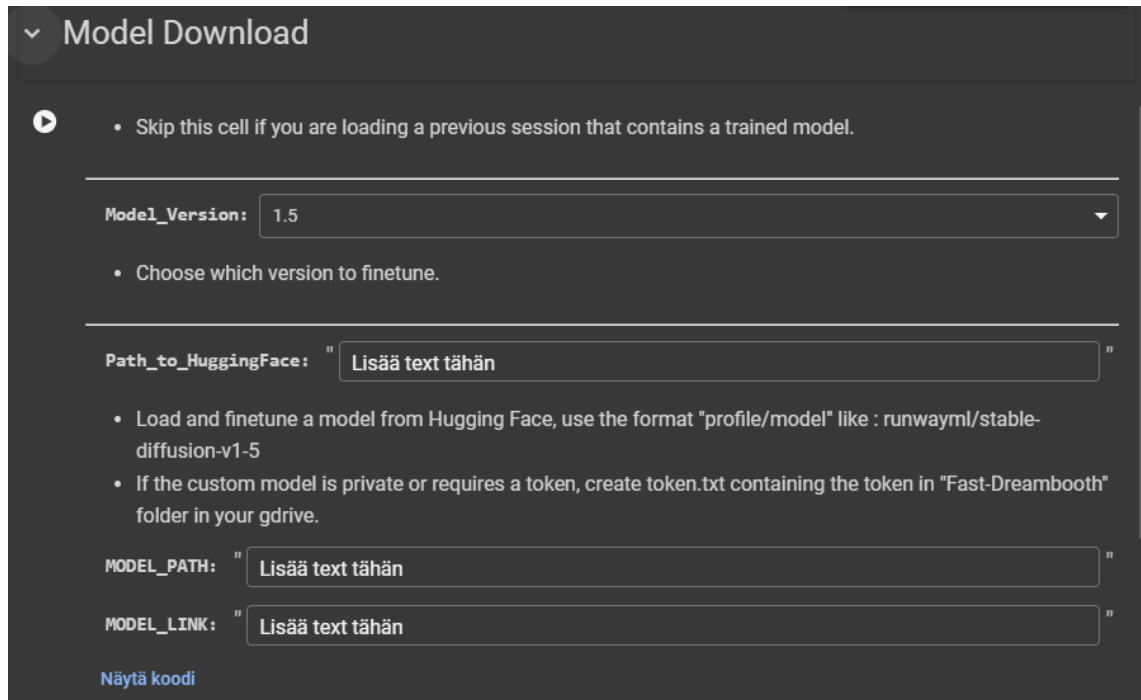
Kuviossa 7 näkyy DreamBooth Notebook sekä sen eri osiot. Tässä notebookissa, osiot on selkeästi jaoteltu ja siinä järjestyksessä, jossa näiden sisältämien solujen koodit suoritetaan. Suoritettavia vaiheita on viisi pakollista ja muutama valinnainen.



Kuvio 7. DreamBooth Notebook

Ensimmäisessä vaiheessa tarvitaan Google-tili, jolla kirjaudutaan sisään ja annetaan notebookille lupa käyttää Google Drive – tiedostoja. Kun Google Drive on yhdistetty notebookiin, suoritetaan ensimmäisenä ”dependencies” osio klikkaamalla kuviossa 7 näkyvää pientä harmaata nappia tämän otsikon vasemmalla puolella. Jokainen osio suoritetaan yksi kerrallaan loppuun ennen seuraavan suorittamista.

Model download – osiossa, joka näkyy kuviossa 8, valitaan mitä Stable Diffusionin versiota hienosäädetään. Käyttämäni versio on 1.5 ja lisäsin myös Path_To_HuggingFace – kohtaan suoraan käyttämäni mallin nimen, vaikka tämä ei ole pakollinen tieto.

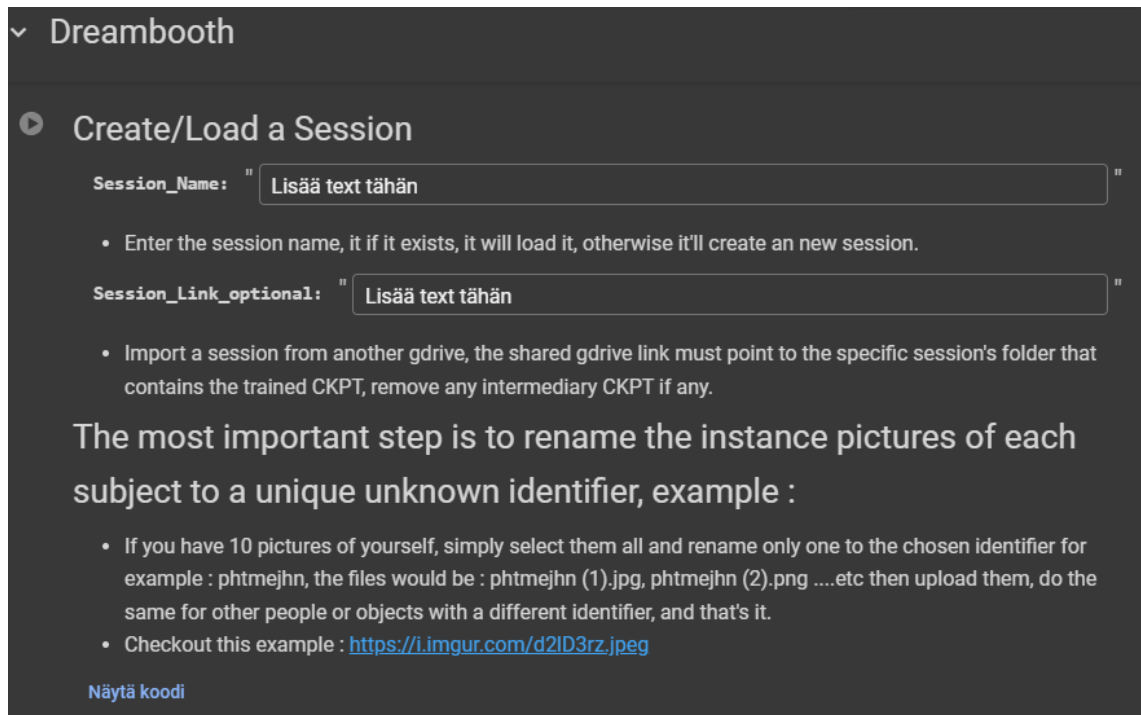


Kuvio 8. Model Download – osio

Tärkein vaihe koko mallin hienosäätämisessä on kuvien valitseminen sekä niiden uudelleen nimeäminen. Kuvien nimi toimii tässä tunnisteena, joten sen on hyvä olla mahdollisimman uniikki. Tätä prosessia kutsutaan annotoinniksi eli nimikoinniksi. Annotointi tarkoittaa aineiston kuvaamista, luokittelua ja jäsentelyä systemaattisella tavalla (Lennes 2005). Minä tuotan kuvia kissastani, joten annan tunnisteeksi "rudi":n. Ohjelmisto ei toimi, jos kuvilla on eri nimet. Tämä tarkoittaa, että jokaisen kuvani täytyy olla nimeltään rudi ja numeroliite. Numeroliite voi olla (1) tai _01 tai 001, kunhan kaikilla kuvilla on sama tunniste sekä oma numero.

Kuvien täytyy myös olla samankokoisia ja riippuen käytetystä versiosta, tämä tarkoittaa esimerkiksi resoluutiota 512x512. Notebook tarjoaa mahdollisuuden antaa ohjelmiston itse leikata kuvat sopivan kokoisiksi, mutta jos kuvien kohde ei ole täysin kuvan keskellä, opetettava malli voi luulla esimerkiksi puolikkaiden kasvojen olevan toivottu piirre. Kuvia on hyvä olla vähintään kymmenen mutta itse käytin kolmeakymmentäneljää (34) kuvaa.

Kun edeltävä osio on suoritettu, suoritetaan DreamBooth osio, joka näkyy kuviossa 9. Tässä osiossa istunnolle asetetaan nimi, joka voi olla esimerkiksi etunimesi ensimmäinen kirjain ja sukunimesi. Tässä osiossa ladattaisiin myös aiempi istunto, jos sellainen on.



Kuvio 9. DreamBooth – osio

Dreambooth osiosta suoritetaan Create/Load a Session - sekä Instance Images – koodisolut. Instance Images solussa notebookiin ladataan opetusmateriaali. IMAGES_FOLDER_OPTIONAL kohtaan voi laittaa OneDriven polun kansioon, joka sisältää opetusmateriaalin tai sen voi jättää tyhjäksi, jolloin kuvat voi ladata suoraan vetämällä ne haluamastaan kansioista.

Kuviossa 10 näkyy millaisia opetuskuvia käytin. Opetuskuvien on hyvä olla mahdollisimman monella taustalla, monesta kuvakulmasta sekä selkeitä. Esimerkiksi puolikkaita kasvoja ei kannattaisi käyttää opettamisessa. (Sagio Development 2024c.) Käytin opetuskuvia, jotka olivat mahdollisimman monipuolisia ja joissa näkyivät kasvot selkeästi.



Kuvio 10. Muutama käytetyistä opetuskuvista

Muita asetuksia ei tarvitse muokata eikä myöskään asettaa Captions kohtaan selitteitä kuville. DreamBooth osion suorittamisen jälkeen siirrytään viimeiseen osioon, joka on Training. Kuvio 11 esittelee tämän osion tärkeimmät asetukset.

Training osiossa valitaan opetusaskelien määrä sekä oppimismisnopeus. Opetusaskelien lukumäärä kertoo, kuinka monta kertaa ohjelmisto käsittelee kuvia yhteensä. Näiden välillä etsitään tasapainoa, jonka avulla saadaan riittävän nopeasti riittävän hyvä lopputulos. Oletusarvona on 1500 ja testauksessa käytettiin kolmellekymmenenellejälle (34:lle) kuvalle vain 1200. Tämä tarkoittaa, että jokaista kuvaa käytettiin opettamiseen vain noin kolmekymmentäviisi kertaa. Oppimismisnopeuden pidin $2e-6$:ssa.

Start DreamBooth

Resume_Training:

- If you're not satisfied with the result, check this box, run again the cell and it will continue training the current model.

UNet_Training_Steps:

UNet_Learning_Rate:

- These default settings are for a dataset of 10 pictures which is enough for training a face, start with 1500 or lower, test the model, if not enough, resume training for 200 steps, keep testing until you get the desired output, set it to 0 to train only the text_encoder.

Text_Encoder_Training_Steps:

- 200-450 steps is enough for a small dataset, keep this number small to avoid overfitting, set to 0 to disable, set it to 0 before resuming training if it is already trained.

Text_Encoder_Learning_Rate:

- Learning rate for the text_encoder, keep it low to avoid overfitting (1e-6 is higher than 4e-7)

Offset_Noise:

- Always use it for style training.

External_Captions:

- Get the captions from a text file for each instance image.

Resolution:

- Higher resolution = Higher quality, make sure the instance images are cropped to this selected size (or larger).

Kuvio 11. Training – osio

Asetusten muuttamisen jälkeen koodi laitetaan suorittumaan. Opetuksen jälkeen Google Drivestä löytyy Fast-Dreambooth kansion sisältä Sessions kansio. Tämän kansion sisältä löytyy kaikki istunnot sekä niiden tuottamat mallit. Antamani istuntonimen perusteella löytyy ckpt – tiedosto, joka on ohjelmiston tuottama Stable Diffusion malli hienosäädettynä haluamalleni kohteelle.

Tiedosto laitetaan sitten samaan paikkaan, jonne alkuperäinen Stable Diffusion malli laitettiin kohdassa 3.1. Ennen kuin käynnistän Stable Diffusion WebUI:n uudelleen, lisään sen web-ui-user.bat tiedostoon rivin `set COMMANDLINE_ARGS=--disable-safe-unpickle`. Tämä mahdollistaa meidän luoman ckpt-tiedoston käyttämisen Stable Diffusionissa, sillä muuten ohjelmisto tulkitsee tiedoston haitalliseksi, eikä lue sitä.

Sen jälkeen ohjelmisto voidaan käynnistää normaalisti ja sieltä voidaan valita malliksi nyt uusi hienosäädetty malli. Tekstikehotteet sekä muut asetukset toimivat täysin normaalisti. Hienosäädetty malli osaa tunnisteiden avulla tuottaa opetetun tyylin mukaisia kuvia.

Mallia voidaan hienosäätää ja parannella käytännössä loputtomiin DreamBoothin puolella, kunnes lopputulos on halutun kaltainen. Minun tapauksessani yksi opetuskerta riitti tuottamaan suhteellisen hyviä sekä kohteen mukaisia tuotoksia. Kuviossa 12 voidaan vertailla nähdäkseen opetusmateriaalin sekä yhden opetuskeran mallin tuotoksen yhteneväisyydet.



Kuvio 12. Stable Diffusion "rudi" ja oikean elämän Rudolf-kissa

Jo yhdellä opetuskierröksellä saadaan melko laadukkaitakin kuvia. Kuviossa 12 huomataan mallin oppineen hyvin Rudolf-kissan perusilmeet sekä turkinkuvioinnin. Realistisuudessa on vielä parantamisen varaa hienosäädön ja Stable Diffusionin asetusten osalta.

Tätä työkulkua, joka sisältää Stable Diffusion WebUI:n sekä Google Colaboratorin hyödyntämisen, voidaan käyttää minkä tahansa peliresurssin tuottamiseen. Testasin tätä lähestymistapaa niin ihmishahmoilla kuin taustoilla ja eläinhahmoilakin. Myös objektien ja ikonien tuottaminen on mahdollista tätä työkulkua hyödyntäen, joskin erityisesti pikkutarkkojen yksityiskohtien yhteneväisyys on hankala saavuttaa.

Kun DreamBoothin avulla tekoälylle, kuten Stable Diffusion, on opetettu jokin tyyli, siitä voidaan silti tehdä eri taidetyylillä olevia tuotoksia. Tyyli tarkoittaa siis tekoälyä opettaessa yksityiskohtia, jotka liittyvät tiettyyn tunnisteeseen. Halutessaan opetettuun tyyliin voi yhdistää jonkin Stable Diffusionin tietämistä tyy-

leistä kuten cel-shading tai cartoon erilaisia tuotoksia varten. Esimerkiksi kuviossa 12 käytin tyylinä realismia. Kuviossa 13 näkyy samalla seed arvolla tuotettuja kuvia tunnisteella rudi eri tyyllillä tuotettuna. Tekstikehoite kaikilla oli "a picture of rudi in [style name] style". Ensimmäinen esimerkiksi oli "a picture of rudi in cartoon style". Toinen on tyyliään doodle art, kolmas cel-shading ja neljäs pixel.



Kuvio 13. Stable Diffusion tuotoksia tunnisteella rudi eri tyyleillä

4 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia kaksiulotteisten peliresurssien tuottamista tekoälyä hyödyntäen sekä kehittää toimiva työnkulku edellä mainitusta. Kartoitukseen kuului kolme eri tekoälyä: Midjourney, Dall-E, Stable Diffusion. Lisäksi käsitteilin Google Colaboratoryn avulla tekoälyn hienosäätämistä.

Eri tekoälyiltä paljastui erilaisia vahvuuksia. Midjourneyn vahvuus on realistisissa ja korkealaatuisten kuvien tuottamisessa. Dall-E kykenee luomaan monipuolisesti sekä kustannustehokkaasti luonnoksia eri alojen suunnittelijoiden hyödynnettäväksi. Stable Diffusion auttaa erityisesti pelikehittäjiä ja visuaalisia artisteja kyvyllään luoda yhteneväistä tuotosta eri tyyleistä, hahmoista tai objekteista.

Tekoälyn hyödyntäminen erilaisten peli- sekä taideresurssien tuotannossa on yhä suhteellisen uusi konsepti, mikä tarkoittaa, että siihen liittyy lukuisia oikeudellisia, eettisiä sekä taloudellisia kysymyksiä. Kaiken kaikkiaan tämä on jatkuvan muutoksen alaisena ja yhteiset pelisäännöt ovat vielä rakentumassa.

Tämän tutkimuksen perusteella kehitin työnkulun Stable Diffusion WebUI:ta sekä Google Colaboratoryn DreamBoothia hyödyntäen. Työnkulku on yleispätevä ohje, jossa käydään vaihe vaiheelta läpi asennus- sekä kuvien generointiprosessi. Työnkulku kattaa myös yleisimmät ongelmakohdat ja niiden ratkaisut.

Työnkulun avulla saatiin aikaan melko laadukkaita peliresursseja, joita voi hyvin jatkokehittää, käyttää konseptikuvina tai jopa hyödyntää suoraan pelissä. Tuotokset sopivat niin demoversioihin paikan pitäjiksi kuin myös matalan budjetin tuotokseksi.

Tutkimuksessa tähdättiin parhaaseen mahdolliseen luotettavuuteen, joka pyrittiin saavuttamaan lukuisten lähteiden vertailun ja kriittisen arvioinnin avulla. Kaikki yli viisikymmentä eri lähde ovat tekoälyn parissa työskennelleiden tai alan ammattilaisten lausuntoja ja tutkimuksia. Kuitenkin tämän aihepiirin kirjallisten lähteiden vähyyden vuoksi, jouduin turvautumaan digitaalisiin lähteisiin. Tämä johti lähteen laadulliseen epävarmuuteen, mutta toisaalta mahdollisti myös kaikkein viimeisimmän tiedon hyödyntämisen.

Peliresurssien tuottaminen ei ollut täysin suoraviivainen prosessi. Ohjelmistojen ja riippuvuuksien asentaminen vaati kokeiluja sekä epäonnistumisia. Kaiken kaikkiaan asensin ohjelmistot yli kymmenen kertaa, koska käytin joka kerralla eri tietokonetta etäyhteydellä. Tämä toi tutkimukseen omat haasteensa sillä kaikki piti varmuuskopioida pilveen, ettei edistymistä menetetä. Osa kohdatuista ongelmista oli tietokone kohtaisia ja osa dokumentaation puuttumisesta johtuvaa. Kaikki ongelmat ratkesivat kuitenkin erilaisten nettilähteiden avulla.

Itse resurssien tuottaminen oli projektin vaativin osuus. Seurasin hyvin yksinkertaisia oppaita, mutta siitä huolimatta edes kelpaavan tuotoksen saaminen oli aluksi hyvin harvassa. Kun ohjelmiston käyttäminen ja sen asetukset tuli tutuksi, ongelmana oli yhä tuotoksien yhdenmukaisuus. Asetusten, kuten seed ja CFG Scale, avulla sai jo melko yhteneväisiä kuvia, mutta silloin ne harvemmin vastasivat annettua tekstikehoitetta. Tietyissä tapauksissa saatua kuvaa pystyttiin muokkaamaan enemmän haluttuun suuntaan pelkän tekstikehoitteen avulla. Tällaisia tapauksia olivat esimerkiksi hahmon paidan värin muuttaminen. Vaativimmissa tapauksissa Stable Diffusion usein antoi joko täysin saman tai kokonaan erilaisen kuvan.

Jotain tiettyä hahmoa tai tyyliä tuottaessa voi olla siis hyvä tehdä ensin muutamia konseptikuvia Stable Diffusionin avulla, jonka jälkeen haluttu hahmo tai tyyli voidaan opettaa Google Colabin Dreamboothin avulla halutulle Stable Diffusion mallille. Näin tuotoksen yhdenmukaisuus paranee huomattavasti sekä ohjelmisto sen jälkeen ymmärtää paremmin mitä halutaan tuottaa. Tällöin myös hienosäätäminen onnistuu vaivattomammin.

En henkilökohtaisesti usko tekoälyn korvaavan vielä pitkään aikaan peliartisteja mutta se voi olla hyvä työkalu heille tai pelikehittäjille, joilla ei ole luovaa osaamista. Uskon, että tulevaisuudessa tekoälyn hyödyntäminen tulee parantamaan pienten tai jopa yhden henkilön pelikehitystiimien menestymistä sekä parantamaan näiden kilpailukykyä.

Kaiken kaikkiaan voidaan sanoa, että peliresurssien tuottaminen tekoälyn avulla on hyvinkin mahdollista ja hyödyllistä, mutta sen käyttämisessä on melko jyrkkä oppimiskäyrä. Kuitenkin kustannusten laskemisen puolesta erityisesti Stable Diffusion on hyvä työkalu perinteiselle peliartistille.

LÄHTEET

Ahmed, A. 2024. What's The Best Image Size For Stable Diffusion? OpenAI Journey 10.3.2024. Viitattu 3.4.2024. <https://openaijourney.com/best-image-size-for-stable-diffusion/>.

AIContentfy Team 2023. AI-generated content for video games. AIContentfy 6.11.2023. Viitattu 20.2.2024. <https://aicontentfy.com/en/blog/ai-generated-content-for-video-games>.

Aiken, S. 2023. Two-dimensional Art. Study 21.11.2023. Viitattu 5.1.2024. <https://study.com/academy/lesson/2-dimensional-definition-shapes-art.html>.

Ayuya, C. 2024. Midjourney vs. Stable Diffusion: Best AI Art Generator 2024. eWEEK 31.1.2024. Viitattu 22.2.2024. <https://www.eweek.com/artificial-intelligence/midjourney-vs-stable-diffusion/>.

Bajwa, A. 2023. Can AI replace game artists? TechBullion 13.4.2023. Viitattu 5.1.2025. <https://techbullion.com/can-ai-replace-game-artists/>.

Barret, L. 2023. Why Players Keep Coming Back to Stardew Valley. CBR 17.9.2023. Viitattu 1.2.2024. <https://www.cbr.com/stardew-valley-most-replayable-farming-sim-game/>.

DeBara, D. 2024. How to create depth in design. Viitattu 5.1.2024. <https://www.canva.com/learn/how-to-create-depth-in-design/>.

Big Cloud 2020. The Evolution of AI in Gaming. Viitattu 2.4.2024. <https://bigcloud.global/the-evolution-of-ai-in-gaming/>.

Borg, J., Podoprikhina, G. & Alexander, L. 2023. AI-Generated Art: Copyright Implications. Lexology 21.2.2023. Viitattu 15.5.2024. <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=fff221ab-66ce-4cbb-8f0d-687850888696>.

Bramble, R. 2023. THE ULTIMATE GUIDE TO 2D VIDEO GAME ART STYLES. Gamemaker 22.3.2023. Viitattu 29.4.2024. <https://gamemaker.io/en/blog/2d-game-art-styles>.

Caldwell, M. 2023. What Is an "Author"? – Copyright Authorship of AI Art Through a Philosophical Lens. Houston Law Review 11.12.2023. Viitattu 15.5.2024. <https://houstonlawreview.org/article/92132-what-is-an-author-copyright-authorship-of-ai-art-through-a-philosophical-lens>.

DragGAN AI Tool 2023. 18 Free Stable Diffusion prompts List (For Gaming). 2.12.2023. Viitattu 18.3.2024. <https://dragganaitool.com/stable-diffusion-prompts-list/>.

Educative Inc. 2024. Definition: Sprite. Educative 2024. Viitattu 4.4.2024. <https://www.educative.io/answers/definition-sprite>.

European Commission 2024. A European approach to artificial intelligence. 31.1.2024. Viitattu 20.2.2024. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-approach-artificial-intelligence>.

European Parliament 2023. EU AI Act: first regulation on artificial intelligence. 19.12.2023. Viitattu 15.5.2024. <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20230601STO93804/eu-ai-act-first-regulation-on-artificial-intelligence>.

Fodor, P. 2023. Using Stable Diffusion to Enhance Mobile Game Art Production. Medium 29.3.2023. Viitattu 22.2.2024. https://medium.com/@Peter_Fodor/using-stable-diffusion-to-enhance-mobile-game-art-production-5972aea91879.

Forbes 2024. Is Generative AI Overshadowing The Proven Workhorses of Modern Tech? Forbes 12.2.2024. Viitattu 14.5.2024. <https://www.forbes.com/sites/janakirammsv/2024/02/12/is-generative-ai-overshadowing-the-proven-workhorses-of-modern-tech/>.

Gillis, A., Chai, W. & Rosencrance, L. 2024. VRAM (video RAM). TechTarget 2024. Viitattu 15.5.2024. <https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/video-RAM>.

Glover, E. & Urwin, M. 2024. AI-Generated Content and Copyright Law: What We Know. BuiltIn 28.2.2024. Viitattu 15.5.2024. <https://builtin.com/artificial-intelligence/ai-copyright>.

Google Research 2024. Colaboratory. Viitattu 23.2.2024. <https://research.google.com/colaboratory/faq.html>.

Gonsalves, R. 2024. MachineRay2 – Image Generation. Viitattu 23.2.2024. https://colab.research.google.com/github/robgon-art/MachineRay2/blob/main/MachineRay2_Image_Generation.ipynb.

Guinness, H. 2024. Midjourney vs. Stable Diffusion: Which AI image generator should you use? [2024]. Zapier 16.1.2024. Viitattu 23.2.2024. <https://zapier.com/blog/midjourney-vs-stable-diffusion/>.

Hunter, C. 2023. Using AI to Supercharge Your Game Art Design. GameAnalytics 2.8.2023. Viitattu 5.1.2024. <https://gameanalytics.com/blog/using-ai-to-supercharge-your-game-art-design/>.

Jain, P. 2023. Transforming Game Development: How to Utilize Stable Diffusion to Create Game Assets. Segmind 15.12.2023. Viitattu 22.2.2024. <https://blog.segmind.com/stable-diffusion-to-create-game-assets/>.

Juegoadmin 2023. 2D Vs 3D Game Development: What are the Major Differences? JuegoStudio 1.8.2023. Viitattu 5.1.2024. <https://www.juegostudio.com/blog/2d-vs-3d-game-development>.

Katatikarn, J. 2024. AI Art Statistics: The Ultimate List in 2024. Academy Of Animated Art 15.2.2024. Viitattu 4.4.2024.
<https://academyofanimatedart.com/ai-art-statistics/>.

Kishore, A. 2023. Unlock Next-Level Game Design: Create Assets with AI-Generated Art. Medium 14.1.2023. Viitattu 1.2.2024.
<https://blog.mirageml.com/unlock-next-level-game-design-create-assets-with-ai-generated-art-955b69a5ed4a>.

Kliuch, D. 2023. 2D Game Art Styles That Are Time-Tested. Whimsy Games 27.1.2023. Viitattu 20.2.2024. <https://whimsygames.co/blog/2d-game-time-tested-art-styles/>.

Kuorikoski, J. 2018. Pelitaiteen manifesti. Helsinki: Gaudeamus.

Kurenkov, A. 2022. Generating AI Art from Text with Google Colab. Last Week in AI 11.2.2022. Viitattu 23.2.2024. <https://lastweekin.ai/p/generating-ai-art-from-text-with>.

Lawton, G. 2024. What is generative AI? Everything you need to know. TechTarget 1/2024. Viitattu 2.4.2024.
<https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/generative-AI>.

Lennes, M. 2005. Mitä on annotaatio? Github 11.5.2005. Viitattu 15.5.2024.
<https://lennes.github.io/puheen-annotaatio/node3.html>.

Lettier, D. 2020. 3D Game Shaders For Beginners. Github 2020. Viitattu 5.1.2024. <https://lettier.github.io/3d-game-shaders-for-beginners/cel-shading.html>.

Libby, K. 2023. Artificial Intelligence Is Making Art – But Is That Art Really Art? Shutterstock 31.10.2022. Viitattu 23.4.2024.
https://www.shutterstock.com/blog/artificial-intelligence-art?kw=&ds_eid=700000001508228&gclsrc=aw.ds&utm_source=GOOGLE&utm_campaign=CO%3DNordics_LG%3DEN_BU%3DIMG_AD%3DDSA_TS%3DIggeneric_RG%3DEUAF_AB%3DACQ_CH%3DSEM_OG%3DCONV_PB%3DGoogle&ds_cid=71700000091570775&gclid=CjwKCAjwuJ2xBhA3EiwAMVjkVJqYpW4RU1jQq_DhpGsv8TwCvzjvWMqZGI4qmYG7syR0IOzkLycUyhoCXBsQAvD_BwE&ds_ag=FF%3DBlog_AU%3DProspecting&utm_medium=cpc&ds_agid=58700007715987494&psafe_param=1&gad_source=1.

Main Leaf Games 2022. 2D vs 3D games: Which one is right for you? Main Leaf 19.10.2022. Viitattu 29.4.2024. <https://mainleaf.com/2d-vs-3d-games-which-one-is-right-for-you/>.

Martindale, J. 2023. Stable Diffusion vs. Midjourney – which is the best AI art tool? Digital Trends 23.3.2023. Viitattu 23.2.2024.
<https://www.digitaltrends.com/computing/stable-diffusion-vs-midjourney/>.

McMillen, E. 2010. Super Meat Boy's McMillen Explains 'Why So Hard?'. GameDeveloper 21.4.2010. Viitattu 5.1.2024. <https://www.gamedeveloper.com/game-platforms/-i-super-meat-boy-i-s-mcmillen-explains-why-so-hard->.

Melisa, E. 2024. How To Create Consistent Characters In Midjourney. GhostTogether 2024. Viitattu 23.2.2024. <https://semicolon.dev/midjourney/how-to-make-consistent-characters>.

Metz, R. 2023. Dall-E 3 is so good it's stoking a revolt against AI scraping. TheJapanTimes 6.11.2023. Viitattu 23.2.2024. <https://www.japantimes.co.jp/business/2023/11/06/tech/ai-dalle-artist-revolt/>.

Mevada, D. 2023. How to Create Desirable 2D Game Art – The Ultimate Guide. 300mind 31.5.2023. Viitattu 5.1.2024. <https://300mind.studio/blog/2d-game-art/>.

Midjourney 2024. Quick Start. Midjourney 2024. Viitattu 1.5.2024. <https://docs.midjourney.com/docs/quick-start>.

Miller, A. 2023. Invisible Influence – Artificial Intelligence's Impact on 2024's Highly Awaited AI Games. Medium 8.12.2023. Viitattu 1.2.2024. <https://medium.com/nerd-for-tech/invisible-influence-artificial-intelligences-impact-on-2024-s-highly-awaited-ai-games-65eaf6e9ae35>.

Nguyen, M. 2021. Fundamentals of 2D Game Art. Opinnäytetyö, Kajaanin Ammattikorkeakoulu. Viitattu 5.1.2024. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2021082817212>.

Obedkov, E. & Roz, A. 2023. Pros and cons of using Midjourney in game development – lessons learned by Nexters. Game World Observer 31.7.2023. Viitattu 23.2.2024. <https://gameworldobserver.com/2023/07/31/midjourney-game-development-art-nexters-hero-wars>.

Ojanperä, T. 2023. Tekoälyn vallankumous. Helsinki: Alma Talent.

OmiSoft 2023. How to Unleash the Power of AI for Game Development with Midjourney. Medium 8.2.2023. Viitattu 23.2.2024. <https://medium.com/@omisoft/how-to-unleash-the-power-of-ai-for-game-development-with-midjourney-5b2f80a43b43>.

OpenAI 2024a. Pricing. Viitattu 23.2.2024. <https://openai.com/pricing>.

OpenAI 2024b. Dall-E 3. Viitattu 23.2.2024. <https://openai.com/dall-e-3>.

OpenAI Labs 2024. Dall-E 2 Registration is Now Closed. Viitattu 23.2.2024. <https://labs.openai.com/>.

Patil, S. 2023. Training Stable Diffusion with Dreambooth. Weights & Biases 14.2.2023. Viitattu 16.4.2024. <https://wandb.ai/psuraj/dreambooth/reports/Training-Stable-Diffusion-with-Dreambooth--VmlldzoyNzk0NDc3>.

Piskunov, E. 2023. 2D vs 3D Games: Can You Tell The Difference? iLogos 21.4.2023. Viitattu 19.2.2024. <https://ilogos.biz/2d-vs-3d-games-5-biggest-differences-between-2d-and-3d-games/>.

Rafiee, A. 2024. Different Game Art Styles and How to Choose the Right One for Your Game. DreamFarmStudios 2024. Viitattu 29.4.2024. <https://dreamfarmstudios.com/blog/game-art-styles-with-guide/>.

Randell, L-M. 2023. What Are HD-2D Games and Why Are They So Popular? MakeUseOf 27.4.2023. Viitattu 20.2.2024. <https://www.makeuseof.com/what-are-hd-2d-games/>.

Roose, K. 2022. A.I-Generated Art Is Already Transforming Creative Work. The New York Times 21.10.2022. Viitattu 23.2.2024. <https://www.nytimes.com/2022/10/21/technology/ai-generated-art-jobs-dall-e-2.html>.

Sagio Development 2024a. Stable Diffusion WebUI AUTOMATIC1111: A Beginner's Guide. Stable Diffusion Art 18.2.2024. Viitattu 27.3.2024. <https://stable-diffusion-art.com/automatic1111/>.

Sagio Development 2024b. Stable Diffusion prompt: a definitive guide. Stable Diffusion Art 4.1.2024. Viitattu 27.3.2024. <https://stable-diffusion-art.com/prompt-guide/>.

Sagio Development 2024c. How to use Dreambooth to put anything in Stable Diffusion (Colab notebook). Stable Diffusion Art 2.5.2024. https://stable-diffusion-art.com/dreambooth/#Step_3_Training.

Silicon Valley 2023. How Will AI Affect the Gaming Industry? USV 29.9.2023. Viitattu 5.1.2024. <https://usv.edu/blog/how-will-ai-affect-the-gaming-industry/>.

Shahbazi, N. 2024. What Are the Best 2D & 3D Art Styles for Video Games? Pixune 5.2.2024. Viitattu 29.4.2024. <https://pixune.com/blog/game-art-styles/>.

StardewValley 2024. Stardew Valley – Press. StardewValley 2024. Viitattu 4.4.2024. <https://www.stardewvalley.net/press/>.

StarloopStudios 2022. 3D Vs. 2D: The Eternal Battle to Develop Video Games. StarloopStudios 2024. Viitattu 19.2.2024. <https://starloopstudios.com/3d-vs-2d-the-eternal-battle-to-develop-video-games/>.

University of Plymouth 2024. Is AI-generated art actually art? University of Plymouth 2024. Viitattu 23.4.2024. <https://www.plymouth.ac.uk/discover/is-ai-generated-art-actually-art>.

Upwork 2023. How To Use Stable Diffusion to Generate Stunning Ai Images. 18.12.2023. Viitattu 18.3.2024. <https://www.upwork.com/resources/how-to-use-stable-diffusion>.

UtilitiesOne 2023. Geolocation and Simulations Creating Real-world Experiences in Gaming. 10.11.2023. Viitattu 20.2.2024. <https://utilitiesone.com/geolocation-and-simulations-creating-real-world-experiences-in-gaming>.

VFX Apprentice 2023. Cel Shading: The Legendary Animation Style of Zelda. VFX Apprentice 9.5.2023. Viitattu 29.4.2024. <https://www.vfxapprentice.com/blog/cel-shading-video-games-zelda>.

Wirtz, B. 2023. 2D Video Game Art: Styles and History. GameDesigning 4.7.2023. Viitattu 5.1.2024. <https://www.gamedesigning.org/learn/2d-game-art/>.

Wisneski, C. 2023. Can Artificial Intelligence Be Creative? Akkio 24.11.2023. Viitattu 23.4.2024. <https://www.akkio.com/post/can-artificial-intelligence-be-creative#ai-and-humans-a-creative-pairing>.