



Tekoälyn kehittyminen ja rooli videopeleissä

Oulun yliopisto
Tietojenkäsittelytiede
Kandidaatin tutkielma
Eetu Karhinen
01.03.2024

Tiivistelmä

Viime vuosina tekoäly on kehittynyt suuresti. Videopeleissä sen käyttö on ajan saatossa levinnyt pelkistä yksinkertaisista tietokone vastustajista NPC-hahmoihin, suorituskyvyn parantamiseen ja jopa tarinankerronnan avustamiseen. Tutkielmassa tarkasteltiin eri tapoja hyödyntää tekoälyä videopeleissä, miten ne vaikuttavat pelaajan käyttökokemukseen ja mitä haasteita tekoälyn kehittymisestä syntyy.

Tutkielman tutkimusmenetelmänä oli kirjallisuuskatsaus, jonka tarkoituksena on antaa lukijalle yleiskatsaus aiheeseen aikaisemman kirjallisuuden perusteella. Aikaisempaa kirjallisuutta etsittiin Scopus, IEEE Xplore, ACM digital library ja Google Scholar tietokannoista.

Tutkimuksen tuloksina oli, että tekoälyn käyttäminen interaktiivisen tarinankerronnan tukena on vielä vähäistä, mutta ei välttämättä vielä edes tarpeellista. NPC-hahmoissa tekoälyn kehittäminen ja parempi hyödyntäminen olisi kuitenkin tärkeää sillä se lisäisi immersiota ja avaisi peleissä uusia ulottuvuuksia. Suorituskyvyn parantamisessa tekoälyä hyödynnetään erinomaisesti ja tähän käytettävät menetelmät kehittyvät kaiken aikaa, mikä parantaa suuresti pelaajien käyttökokemusta.

Tulevaisuudessa voidaan peleiltä odottaa dynaamisempia tarinoita, realistisempia NPC-hahmoja ja laadukkaampia tekoälypohjaisia teknologioita suorituskyvyn parantamiselle. Tärkeää on pitää kuitenkin mielessä tekoälyn mukana tulevat haasteet ja eettiset ongelmat.

Avainsanat

tekoäly, videopeli, NPC, suorituskyky, interaktiivinen tarinankerronta, käyttökokemus

Ohjaaja

FT, Yliopistonlehtori Mikko Rajanen

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	2
Sisällysluettelo	3
Keskeiset käsitteet.....	4
1. Johdanto.....	5
2. Tutkimusmenetelmät	7
3. Aiempi tutkimus	9
3.1 Tekoälystä yleisesti.....	9
3.1.1 Tekoälyn historiaa	9
3.1.2 Tekoälyn haasteita	9
3.1.3 Tekoälyn käyttö videopeleissä.....	11
3.2 Interaktiivinen tarinankerronta ja NPC-hahmot.....	11
3.2.1 Tekoäly interaktiivisen tarinankerronnan apuna	11
3.2.2 Tekoäly NPC-hahmoissa	12
3.3 Suorituskyvyn parantaminen tekoälyllä.....	13
4. Pohdinta.....	16
5. Johtopäätökset	21
Lähteet.....	23

Keskeiset käsitteet

Tässä kappaleessa käydään läpi tutkielman keskeisiä käsitteitä. Nämä ovat sellaisia käsitteitä ja lyhenteitä, joita tutkielmassa käytetään paljon. Selitykset näille on tehty tähän kappaleeseen, jotta niitä ei tarvitse erikseen avata niitä käytettäessä tekstissä.

DLSS on lyhenne sanoista Deep Learning Super Sampling, joka on Nvidia:n teknologia, jolla tehostetaan grafiikkasuorittimen suorituskykyä tekoälyn avulla. Näytönohjain pystyy skaalaamaan alhaisemman resoluution kuvälähteen kuvan suuremmalle resoluutiolle. Tämä parantaa suorituskykyä ja ylläpitää laatua.

FSR on lyhenne sanoista FidelityFX Super Resolution, joka on AMD:n temporaalinen skaalausteknologia. Se toimii samoin kuin DLSS eli se renderöi pelin alemmalla resoluutiolla ja tekoälyn avulla skaalaa sen takaisin käyttäjän valitsemaksi suuremmaksi resoluutioksi.

XeSS on lyhenne sanoista Xe Super Sampling, joka on Intel'in tekoäly pohjainen teknologia, jolla peli renderöidään alemmalla resoluutiolla ja tekoälyn avulla skaalataan suuremmaksi resoluutioksi. Käytännössä vastaa Nvidia:n DLSS ja AMD:n FSR teknologioita.

NPC on lyhenne sanoista Non-Player Character. Nämä ovat hahmoja, joita esiintyy videopeleissä. Nämä hahmot eivät ole käyttäjän kontrolloitavissa vaan niitä kontrolloi pelin tekoäly.

NLP on lyhenne sanoista Natural Language Processing. Se on tekoälyn ala, joka painottuu tietokoneen ja luonnollisen kielen vuorovaikutukseen. Tavoitteena on mahdollistaa luonnollisen kielen ymmärtäminen tietokoneille.

GPT on lyhenne sanoista Generative Pre-trained Transformer. Se on tekoäly toteutus, joka on suunniteltu NLP tarkoituksiin. Esimerkkejä tällaisista ovat GPT-4 ja ChatGPT, joiden kanssa ihminen pystyy vuorovaikuttamaan käyttämällä luonnollista kieltä.

FPS on lyhenne sanoista frames per second, joka tarkoittaa ruudunpäivitysnopeutta. Käytännössä siis kuinka monta yksittäistä kuvaa tai ruutua esitetään näytöllä sekunnissa. Videoissa ja videopeleissä suurempi luku tarkoittaa sulavampaa kuvaa ja erityisesti videopeleissä tuoreempaa dataa.

1. Johdanto

Tekoäly on kehittynyt räjähdysmäisesti viime vuosina. Yleisesti saatavilla oleva ChatGPT on iso harppaus eteenpäin luonnollisen kielen käsittelymalleissa, joka lisäksi aukaisee paljon eri mahdollisuuksia tekoälyn käytössä myös videopeleissä. Viime vuosina videopelien osalla tekoälyä on alettu myös käyttämään enemmän suorituskyvyn ja grafiikoiden parantamiseen. Wu et al. (2023) ilmaisivat artikkelissaan tekoälyn olevan erittäin tärkeässä asemassa videopeleissä niiden visuaalisen puolen parantamisessa sekä luonnollisempien NPC hahmojen generoinnissa. (Wu et al., 2023.) Visuaaliseen puoleen liittyen yritykset kuten Nvidia, AMD ja Intel ovatkin julkaisseet omat tekoäly pohjaiset suorituskykyä parantavat teknologiat DLSS:n, FSR:n ja XeSS:n, joiden yksi osa on mahdollistaa pelin renderöinti pienemällä resoluutiolla ja tekoälyn avulla skaalata se takaisin natiivi resoluutioon näin parantaen suorituskykyä, mutta samalla ylläpitäen pelin visuaalisen laadun. Tutkimuksessa aihetta tarkastellaan tutkimuskysymyksien: **Miten tekoälyä hyödynnetään videopeleissä ja miten sen käyttö videopeleissä voi parantaa käyttäjäkokemusta.** Aihe on tärkeä videopelien pelaajille, ja myös videopelien kehittäjille. Tekoälyn paremmalla hyödyntämisellä videopeleissä saadaan markkinoille parempia tuotteita, joka johtaa kuluttajan näkökulmasta parempaan kokemukseen ja vastineeseen rahalle. Videopelien kehittäjien näkökulmasta tekoälyn hyödyntäminen paremmin videopeleissä voi johtaa parempaa tuotteeseen, joka johtaa tyytyväisempiin kuluttajiin. Tyytyväisemmät kuluttajat todennäköisemmin antavat pelille hyvän arvostelun ja suosittelevat sitä tuttavilleen, johtaen mahdollisesti lisääsiakkaisiin ja tuottoihin. Lisäksi aiheen tutkiminen on tärkeätä eri yrityksille, jotka ovat osallisena peleissä jollain tapaa mutta eivät ole käyttäjiä tai kehittäjiä. Tästä esimerkkinä juuri Nvidia, AMD ja Intel, joiden teknologioita hyödynnetään lähestulkoon kaikissa moderneissa videopeleissä. He saavat näkyvyyttä videopeleissä brändeilleen ja esimerkiksi juuri Nvidia:n iso myyntivaltti heidän valmistamille näytönohjaimille on heidän kehittämä DLSS teknologia.

Tutkielma on kirjallisuustutkimus, jonka tarkoitus on tarjota katsaus tekoälyn hyödyntämiseen videopeleissä ja miten sen kehittyminen aukaisee uusia mahdollisuuksia videopeleille. Tekoälyllä on uusien mahdollisuuksien avaamisen lisäksi paljon erilaisia haasteita, joita aikaisemmassa kirjallisuudessa on otettu jo esille. Nah et al. (2023) ottavat esille useita haasteita tekoälyn käytössä, kuten eettiset ongelmat, haitallinen sisältö, väärinkäyttö ja tietoturva ongelmat. He esittävät seuraavanlaisia ratkaisuja ongelmiin. Tekoälyn pitäisi olla ihmiskeskeinen ja sen pitäisi kyetä tunnistamaan ja reagoimaan ihmisten tunteisiin. Lisäksi tekoälyn toiminta pitäisi olla läpinäkyvää ja niiden kehittämistä pitäisi johtaa eettisyys. Ihmisiä pitäisi myös opettaa käyttämään tekoälyä ja tekoälyn pitäisi pystyä käymään älykkäitä keskusteluja ihmisten kanssa. (Nah et al., 2023.)

Tutkielman rakenne on seuraavanlainen. Luvussa kaksi esitellään tutkimusmenetelmä, joka on kirjallisuuskatsaus, ja siihen liittyvät hakulausekkeet ja hakuprosessit. Kolmannessa luvussa on esitetty keskeiset käsitteet ja niiden selitykset. Luvun neljä ensimmäisessä alaluvussa (3.1) käydään aluksi läpi tekoälyä yleisesti, sen historiaa, hyödyntämistä videopeleissä sekä tekoälyn luomia haasteita. Toisessa alaluvussa (3.2) käsitellään tekoälyn hyödyntämistä tarinankerronnassa, NPC-hahmoissa ja pelikokemuksen parantamisessa pelin yksilöllistämässä. Kolmas alaluku (3.3) käsittelee tekoälyn käyttöä suorituskyvyn parantamiseen. Viidennessä pääluvussa pohditaan aikaisempien tutkimuksien tuloksia ja esitellään omia mietteitä aiheeseen liittyen ja

viimeiseksi luvussa kuusi kasataan yhteen tutkielman tärkeimmät tulokset, mihin tutkielman tulokset eivät vastaa ja mitä olisi tulevaisuudessa tärkeää vielä tutkia.

2. Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa käytettävä menetelmä on kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsaus metodin määritelmä on suhteellisen laaja. Kirjallisuuskatsaus voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin, jotka ovat kuvaileva kirjallisuuskatsaus, systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi. Kirjallisuuskatsaus voikin siis kattaa laajan kirjon tyylejä. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa, joka on yksi yleisimmin käytetty päätyyppi, tehdään yleiskatsaus aiheeseen ilman tarkkoja rajoituksia ja tyyli on enemmän kuvaileva ja laadullinen. Meta-analyysi on taas toinen ääripää, jossa käytetään paljon tiukempia rajoitteita verrattuna kuvailevaan kirjallisuuskatsaukseen ja tyyli on enemmän määrällinen ja selittävä. (Salminen, 2011).

Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa tarjotaan yleiskuva aiheeseen. Se on laaja-alainen ja käytettävät tutkimuskysymykset ja metodit ovat rennompia kuin systemaattisessa katsauksessa tai meta-analyysissä. Se toimii hyvin itsenäisenä metodina, mutta sen pohjalta on myös mahdollista tehdä systemaattista kirjallisuuskatsausta. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus voidaan jakaa kahteen eri tyyliin, narratiivinen ja integroiva katsaus. Narratiivinen on kaikista kirjallisuuskatsauksen tyyleistä vapain. (Salminen, 2011).

Tässä tutkielmassa käytettiin kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tyyliä. Aluksi tutkimusta lähdettiin tekemään valitsemalla aihealue tutkimukselle ja sen perusteella määrittelin tutkimusongelmat. Tässä tutkielmassa käyn läpi kirjallisuuskatsauksen tyylillä aiheen historiaa yleisesti ja sen jälkeen tarkemmin analysoiden eri tutkimuksien tuloksia pohtien niistä saatuja tuloksia tutkimuskysymyksiä kautta. Tutkimuksen lopuksi tehtiin yhteenveto saaduista tuloksista ja mahdollisista jatkotutkimuksen aiheista.

Tutkielmassa käytettävien lähteiden keräämiseen käytettiin eri tietokantoja. Käytetyt tietokannat olivat Scopus, IEEE Xplore, ACM digital library ja Google Scholar. Näistä tietokannoista tärkeimmät tutkimuksen lähteiden etsimiseen olivat IEEE Xplore ja Google Scholar. Kaikki lähteet tarkistettiin julkaisufoorumin julkaisukanavahallalla, jotta niiden luokitus oli vähintään 1. Tämän vuoksi IEEE Xplore oli tietokantana niin tärkeä sillä siellä julkaistavat artikkelit ovat laadukkaita ja saavat tarvittavan luokituksen julkaisufoorumilta.

Aluksi lähteiden etsimistä varten mietin eri hakulausekkeita ja avainsanoja, joiden avulla hyvin vastaavia lähteitä voisi löytää tutkielmaan. Tärkeimmät hakulauseet, joita lähteiden etsimisessä käytettiin ja joilla eniten lähteitä tutkielmaan löydettiin ovat taulukoitu alapuolelle taulukkoon 1 (Karhinen, 2023, s.8).

Taulukko 1. Hakulauseet, joita lähteiden etsimisessä käytettiin.

Käytetyt hakulauseet:
History of Artificial intelligence
AI in video games
AI-driven NPC improvement
AI improvement in video games
DLSS in games
FSR in games
Player experience enhancement through AI
AI-enhanced performance
Natural language processing in game NPCs
Video game AI techniques

Alustava rajaus vuosiluvun mukaan kaikille lähteille oli 2015 tai uudemmat. Osa lähteistä kuitenkin käsitteli tekoälyä yleisesti, sen historiaa tai sen käyttöä ja hyötyä teoreettisemmin, jolloin tuoreempi julkaisuvuosi ei muuta tutkimuksen tai artikkelin arvoa omalle tutkielmalleni suuresti. Siksi tässä tutkielmassa on myös käytetty lähteitä, jotka ovat hieman vanhempia kuin alun perin suunniteltu vuosiluku rajaus.

Lähteitä etsiessä luin aluksi löydettyjen tutkimusten ja artikkelien tiivistelmät, jotta pystyin määrittämään kuinka hyvin ne sopivat oman tutkielmani tueksi. Kun olin löytänyt hyvän lähteen tarkastin sen saaman luokituksen julkaisuforumin julkaisukanavahauilla. Jos lähde oli saanut luokituksen 1 tai parempi lisäsin sen lähdetaulukkoon, jonne kasasin myös lähteiden pääpiirteet. Tarkoituksena oli etsiä ainakin 30 lähdetä, jotta tarpeen vaatiessa vähemmän relevantit lähteet voidaan jättää tutkielmasta poissa. Lähteitä valitsin muutamilla eri kriteereillä. Osa lähteistä kertoi yleisesti tekoälystä ja siitä mitä käsitteellä tarkoitetaan. Näiden lähteiden ajattelin olevan hyödyllisiä apuvälineitä tekoälyn avaamisessa lukijalle. Lisäksi lähteiksi valitsin sellaiset tutkimukset, jotka käsittelivät tekoälyn käyttöä videopeleissä niiden tarinakerronnassa, NPC hahmoissa, ja suorituskyvyn parantamisessa sekä yleisesti tekoälyn mahdollisuuksista ja haasteista erityisesti videopeleissä.

3. Aiempi tutkimus

Tässä kappaleessa tarkastellaan aikaisempaa tutkimusta, joka liittyy tekoölyyn. Aluksi keskitytään yleisesti tekoölyyn kappaleessa 3.1. Sen jälkeen käydään läpi tutkimuksia, jotka käsittelevät tekoölyn käyttöä interaktiivisen tarinankerronnan tukena ja NPC-hahmojen parantamisessa kappaleessa 3.2. Lopuksi tarkastellaan, miten tekoölyn avulla voidaan edistää pelien suorituskykyä kappaleessa 3.3.

3.1 Tekoölystä yleisesti

Ensiksi pureudutaan tekoölyn yleiseen historiaan kappaleessa 3.1.1. Tämän jälkeen tarkastellaan tekoölyn käytöstä ja kehittämisestä syntyviä haasteita kappaleessa 3.1.2. Lopuksi pikainen katsaus miten tekoölyä on ajan myötä käytetty videopeleissä kappaleessa 3.1.3.

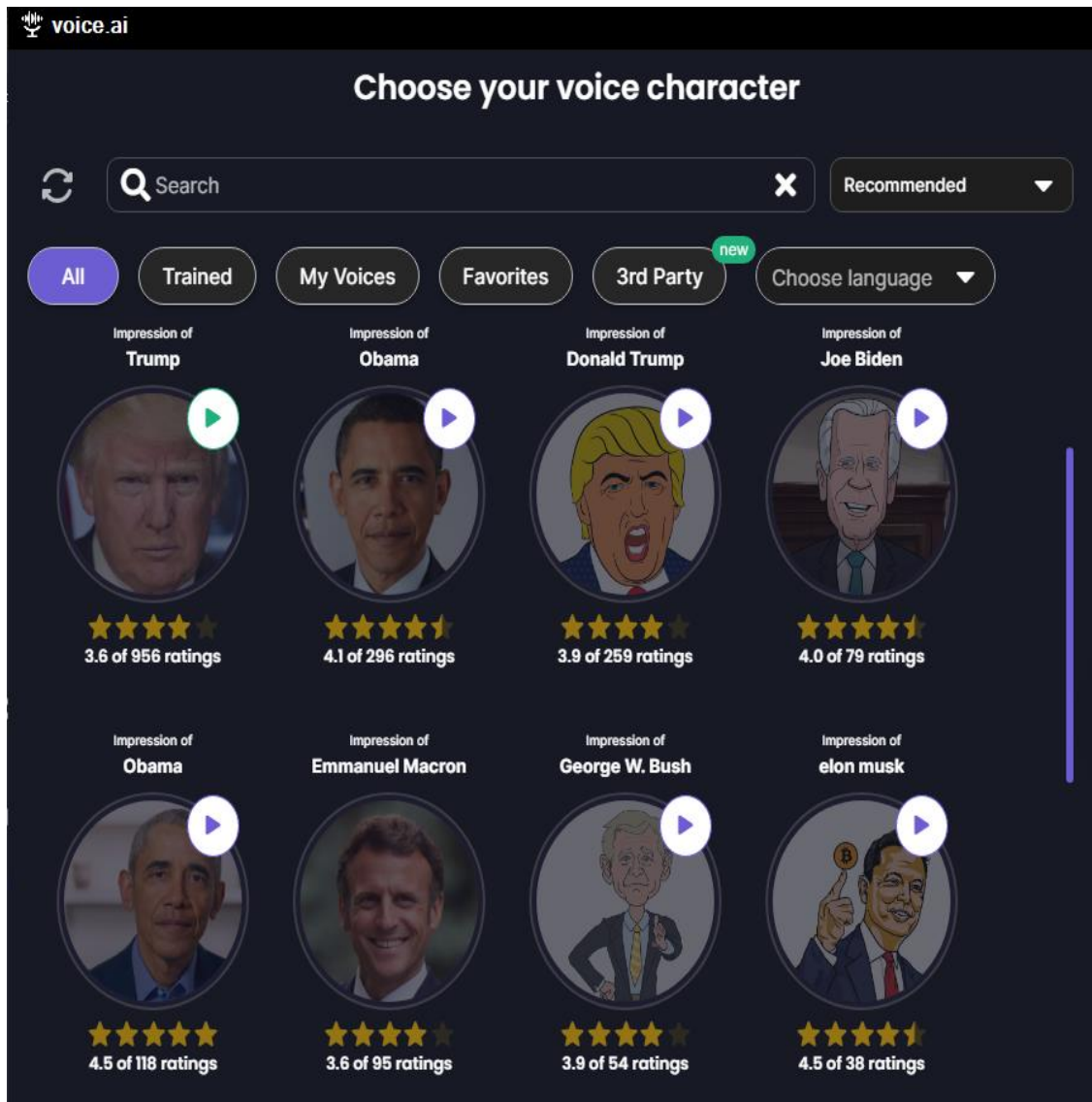
3.1.1 Tekoölyn historiaa

Tekoöly, myös yleisesti lyhennettään AI:ksi, viittaa tietokoneohjelmaan, joka pystyy älykkäisiin toimintoihin. Termin tekoöly loi alun perin John McCarthy yli 60 vuotta sitten, jonka jälkeen merkittävää kehitystä on tapahtunut sen saralla. Tekoölyn saavutuksista huolimatta paljon työtä on vielä edessä sillä tekoöly ei pääse ihmisen tasolle yksinkertaisissa toiminnoissa, kuten esineiden tunnistamisesta kuvista (Barr & Cabrera, 2006). Tekoölyn nimeämisestä menee kunnia John McCarthylle, mutta ajatuksen luoja pidetään yleisesti Alan Turingia, joka tutkimuksessaan *Computing Machinery and Intelligence* esittää kysymyksen voiko koneet ajatella. Turing esittelee myös tässä tutkimuksessa ”Imitation Game” -testin, joka on toinen nimitys Turingin testille, jossa tuomarina toimiva ihminen käy sokkona keskustelua ihmisen ja tietokoneen kanssa yrittäen arvata onko vastapuhuja kone vai ihminen (Turing, 1950). Turingin merkittävän tutkimuksen jälkeen tekoölyä on tutkittu paljon ja se on nähnyt suuria kehitysaskelleita. Yhtenä esimerkkinä IBM:n Deep Blue shakkitekoöly, joka pystyi päihittämään vuonna 1997 ylivoimaisen maailmanmestarin Garry Kasparovin shakkipelissä (Hsu, 1999). Nykypäivänä shakkitekoöly on kehittynyt huomattavasti ja ylittänyt ihmispelaajat helposti. Lisäksi viimeaikaisia suuria askelia on tekoölyn avulla itseajavat autot, tekoölyavustajat puhelimissa sekä luonnollisen kielen mallit kuten GPT-4, jotka ovat laajasti saatavilla.

3.1.2 Tekoölyn haasteita

Tekoölyn kanssa toimiminen ja sen kehittäminen ei ole kuitenkaan ilman haasteita. Tekoölypohjainen kone kykenee jäljittelemään älykkyyttä ja tarjoaa käyttäjälle käsityksen vuorovaikutuksessa ollessaan siitä, että se ymmärtää. Tekoölyllä ei kuitenkaan välttämättä ole kaikkia faktoja tai se ei pysty näkemään kokonaiskuvaa. Tämänhetkisellä teknologialla tekoöly ei pysty tunteisiin tai sosiaalisiin suhteisiin. Se voi kuitenkin vaikuttaa yhteiskunnallisesti ja kulttuurillisesti ihmisten elämään. Tekoölyn on huomattu kasvattavan eroa sellaisten ihmisten välillä, joilla on mahdollisuus käyttää uusia digitaalisia teknologioita ja sellaisten ihmisten, joilla tätä mahdollisuutta ei ole. Tämä saattaa johtaa isompaan epätasa-arvoon tiedon saatavuudessa. Tekoölyn helposta saatavuudesta ja sen käytöstä väärissä käsissä pitää pysyä tarkkana. Tekoölyn avulla pystytään luomaan väärennettyjä kuvia ja videoita sekä tekoölyn avulla pystytään

imitoimaan ihmisten ääniä (Anantrasirichai & Bull, 2021). Tekoälyn avulla äänen muuttaminen on ollut laajassa suosiossa internetissä erilaisissa meemi videoissa. Tällaiset tekoäly sovellukset ovat laajasti saatavilla ja pystyin itsekin lataamaan sellaisen netistä viidessä minuutissa. Nämä sovellukset sisältävät monia ääni imitointeja esimerkiksi presidenteistä tai julkkiksista, joita voidaan käyttää reaaliaikaisesti. Kuva tällaisesta ohjelmasta alapuolella (Kuva 1).



Kuva 1. Kuvankaappaus voice.ai ohjelmasta ja pieni osa siellä saatavilla olevasta äänivalikoimasta.

Eettisten ongelmien lisäksi pitää pysyä kärryillä teknologisista ongelmista. Tällaisia ovat esimerkiksi tekoälyn harjoitukseen käytettävän datan laatu, tekoälyn luoman sisällön autenttisuus ja tekoälyn algoritmin selitettävyyden sekä miten algoritmi päätyy eri tuloksiin ja vastauksiin. Tekoälyn myötä nousevat esille myös säädöksiin liittyvät haasteet. Tekoälyn omistuksesta voi olla ristiriitaa ja se luomasta sisällöstä on monesti mahdoton saada selville minkä pohjalta se on tehty. (Nah et al., 2023). Tämä nousee esille esimerkiksi kouluissa, sillä oppilaat käyttävät tekoälyä enemmän ja enemmän eri koulutehtävien tekemiseen eivätkä pysty nimeämään lähteitä tai olemaan täysin varmoja, että tekoälyltä saatu tieto on edes oikeellista.

3.1.3 Tekoälyn käyttö videopeleissä

Tekoälyllä videopelikontekstissa tarkoitetaan algoritmista tekniikkaa, jolla käyttäjien pelikokemusta voidaan muovata. Päätaivoite on tietenkin muovata pelikokemusta parempaan suuntaan esimerkiksi tekemällä NPC hahmoista älykkäämmän oloisia ja realistisempia. Yleisin tapa tekoälyn käytölle videopeleissä on tekoäly, joka valitsee NPC-hahmojen animaatiot ja mahdollistaa hahmojen liikkumisen pelimaailmassa (Riedl, 2012). Monia eri algoritmeja ja tapoja hyödynnetään videopeleissä juuri NPC-hahmojen liikkumisen mahdollistamiseksi ja älykkyyden lisäämiseksi. Esimerkkejä tällaisista ovat polunetsijä algoritmit ja päätöksentekopuut, joiden avulla pystytään simuloimaan vuorovaikutusta pelaajan ja tietokoneen välillä. (Ranjitha, et al., 2020).

Tekoäly ei kuitenkaan ole uusi keksintö videopeleissä. Riippuen tekoälyn määritelmän laajuudesta voidaan sanoa, että tekoäly vastustajia on ollut käytössä videopeleissä ihan alusta asti peleissä kuten Pong ja jos laajennetaan näkökulmaa videopeleistä yleisesti peleihin, on tekoäly ollut käytössä erittäin pitkään shakissa missä nykyään maailman parhaat pelaajat valmistautuvat peleihin ja analysoivat niitä jälkeinpäin tekoälyn avulla (Quadir & Khder, 2022).

Ensimmäiset tekoälyt videopeleissä olivat saatavilla Atari 2600-konsolin peleissä kuten Space invaders ja Pong. Alun perin videopelit oli suunniteltu kaksin pelattavaksi, mutta tekoälyn kehittäminen kuitenkin mahdollisti tietokoneella luodut vastustajat, laajentaen pelaamisen mahdollisuuksia yksinpelaajille. Yksinkertaisista tietokone vastustajista, kuten Pong pelin tekoälystä, on edetty erittäin pitkälle. Syväoppimisalgoritmeilla varustetut tietokoneet ovat saavuttaneet huomattavia harppauksia tekoälyvastustajissa pystyen päihittämään maailman parhaimpia pelaajia erittäin monimutkaisissa peleissä kuten DotA 2. Aluksi tietokone pystyi DotA 2 pelissä päihittämään 1v1 muodossa ammattipelaajia ja myöhemmin myös 5v5 pelimuodossa. Tekoälyn kehittäminen on videopeleissä jäänyt hieman taka-alalle graafisten kehitysten takia. Nykyinen tekoäly saattaa aiheuttaa pettymystä käyttäjille, sillä he ovat oppineet paremmin tunnistamaan huonon tekoälyn. Käyttäjät saattavat tämän perusteella jättää pelille huonon arvostelun, mikä voi motivoida pelinkehittäjiä tutkimaan tekoälyä enemmän. Syväoppimisen ja yleisesti koneoppimisen mahdollisuudet ovat rajattomat. Tulevaisuudessa videopelien osalta voidaan odottaa realistisempia NPC-hahmoja, dynaamisia tarinoita ja vaikeampia tietokone vastustajia, joita pelaajat ovat alkaneet jo odottaa uusilta pelijulkaisuilta. (Skinner & Walmsley, 2019).

3.2 Interaktiivinen tarinankerronta ja NPC-hahmot

Kappaleessa käydään tarkemmin läpi tekoälyn hyödyntämistä videopeleissä aluksi interaktiivisen tarinankerronnan tukena kappaleessa 3.2.1 ja NPC-hahmoissa kappaleessa 3.2.2.

3.2.1 Tekoäly interaktiivisen tarinankerronnan apuna

Interaktiivisella tarinankerronnalla tarkoitetaan digitaalista viihteen tapaa, jossa käyttäjä voi omilla päätöksillä ja tekemisillä vaikuttaa pelin tarinaan, joko pelin hahmona tai antamalla käskyjä pelinsisäisille NPC-hahmoille. Tarina onkin erittäin tärkeä osa videopelejä sillä se antaa kontekstia pelaaja toiminnoille ja motivoi pelaajaa tekemään päätöksiä pelimaailmassa. Tavallisesti peleissä pelaaja ei voi kuitenkaan muokata tarinaa mielivaltaisesti vaan peliin on sisällytetty muutamia päätöksentekokohtia, jotka

muokkaavat tarinaa. Näitä yleensä ei peleissä ole monta, sillä mitä enemmän tällaisia kohtia on sitä enemmän sisältö peliin, joudutaan suunnittelemaan (Riedl, 2012). Kuvitellaan tilanne, jossa luomme tarinaa videopeliin. Tarinassa saavumme päätöksentekokohtaan, jossa pelaajalle tarjotaan kolme vaihtoehtoa. Pelaaja valitsee näistä yhden ja tarina jatkuu. Saavumme myöhemmin toiseen päätöksentekokohtaan, jossa pelaaja voi valita kolmesta eri vaihtoehdosta. Jos ensimmäisen päätöksentekokohtaan valinta vaikuttaa toiseen niin tarinalla on vaihtoehtoja kahden kohdan jälkeen jo yhdeksän. Tämän luku kasvaa erittäin suureksi mitä enemmän päätöksentekokohtia ja vaihtoehtoja on. Tämän vuoksi tekoälystä on suuri hyöty interaktiivisessa tarinankerronnassa.

Tekoälyn avulla interaktiivinen tarinankerronta pystytään realisoimaan interaktiivisena digitaalisen viihteen muotona. Tekoälyä hyödyntävät tavat voi suurpiirteisesti jakaa kahteen eri luokkaan. Ensimmäinen tapa on ”Emergent narrative systems”. Nämä ovat simulaatioita, jotka rakentuvat itsenäisistä realistista hahmo agenteista. Toinen tapa on ”Drama management systems”. Tässä tavassa hyödynnetään älykästä ja kaikkitietävää Drama manageria (DM), joka valvoo pelimaailmaa ja vie tarinaa eteenpäin ennalta määritetyn juonen ja pelaajien mieltymysten mukaisesti. Yksi keskeinen haaste interaktiivisessa tarinankerronnassa on pelaajien vapauden tasapainottaminen suunnitellun tarinan kanssa. Tarinan pitäisi seurata ainakin pääosin tarinan kirjoittajan haluamaa reittiä, mutta jättää samalla pelaajalle tunteen, että hän saa vaikuttaa maailmaan vapaasti. (Riedl, 2012).

Yu ja Riedl esittävät tutkimuksessaan heidän luoman algoritmin Drama managerille. Tämä tapa hyödyntää koneoppimista ja intuitiota tarinoiden jatkuvuudesta. Heidän kehittämällä tyylillä luotu drama manager pystyisi luomaan personoituja tarinoita käyttäjälle ja ohjaamaan käyttäjää parempaan kokemukseen. Kyseinen drama manager pystyy arvioimaan käyttäjän preferenssit ja niiden pohjalta muokkaamaan tarinaa siihen suuntaan mihin käyttäjä haluaisi sen menevän. (Yu & Riedl, 2012). Tämä mielestäni auttaisi mahdollistamaan tarinan eheyden säilymisen ja helpottamaan Riedlin esille ottamaa ongelmaa, että tarinan pitäisi seurata käsikirjoitusta samalla antaen pelaajalle vapauden muokata maailmaa. Drama manager pystyisi avustamaan tarinan muuttamista tiettyjen rajojen sisällä siihen suuntaan mihin käyttäjä haluaa sen menevän parantaen käyttäjäkokemusta.

3.2.2 Tekoäly NPC-hahmoissa

Toinen tärkeä näkökohta, joka voi parantaa käyttäjien kokemusta videopeleissä, on NPC-hahmojen realismi ja käyttäytyminen. Monet pelit perustuvat tekoälypohjaisiin pelihahmoihin ja siihen, miten nämä hahmot reagoivat pelaajan toimintoihin pelimaailmassa. Tekoälyn kehittyminen videopeleissä nostaakin esille ongelman, miten NPC-hahmoista saadaan uskottavampia ja monimuotoisempia. Pelihahmojen suuri määrä ja pelaajien kasvaneet odotukset tekevät ongelmasta vieläkin monimutkaisemman (Simonov et al., 2019).

NPC-hahmot ovat keskeinen osa videopelejä, ja niiden kyky vaikuttaa pelaajiin ja nostattaa pelin ilmapiiriä vuorovaikutuksen kautta on merkittävä. Pelaajan ja NPC-hahmojen väliset vuorovaikutukset vaikuttavat suuresti pelaajan pelikokemukseen ja videopelin immersivisyyteen. Tärkeintä videopeleissä onkin pelaajan niistä saama ilo ja pelikokemuksen nautittavuus. NPC-hahmot ovat pelin elementtejä, jotka eivät vain lisää pelin visuaalista houkuttelevuutta vaan myös tukevat pelaajaa erilaisten tehtävien suorittamisessa. Ongelmana on kuitenkin se, että NPC-hahmot toimivat ennalta

ohjelmoitujen dialogien mukaan. Jos pelaaja jatkaa keskustelua NPC-hahmon kanssa sen jälkeen, kun hän on käynyt läpi kaikki ennalta ohjelmoidut vaihtoehdot, NPC-hahmo saattaa jäädä toistamaan viimeisintä dialogiosuutta. Immersiota voitaisiin parantaa huomattavasti, jos NPC-hahmot pystyisivät keskustelemaan pelaajan kanssa omasta aloitteestaan ja osoittamaan ihmismäisiä tunteiden ilmaisun taitoja. (Hasani & Udjaja, 2021).

Hasani ja Udjaja tutkivat tutkimuksessaan, miten chatbotti pohjaiset teknologiat ja NPC-hahmojen yhdistäminen voisi toimia verrattuna nykyisiin kiinteisiin NPC-hahmojen dialogeihin ja yleisesti käytettäviin dynaamisen dialogin tapoihin. Tämänhetkiset dynaamisen dialogin tavat ovat pääosin keskittyneitä dialogin luomiseen perustuen pelin sisäisiin tapahtumiin, koska pelinkehittäjät eivät halua NPC-hahmojen toimivan vapaasti pelitilanteiden ulkopuolella. Kaksi päätapaa chatbot teknologian sisällyttämiseksi olisi hakuperusteinen tapa, jossa valmiit dialogit yhdistetään pelitilaan vastausten luomiseksi ja generatiivinen tapa, johon sisällytettäisiin pelitila, NPC-hahmon persoona ja muita vektoreita. Pelidialogeissa chatbot teknologiat voisivat käyttää tunnepohjaisia syötteitä luodakseen realistisempia vastauksia. Lisäksi NPC-hahmojen välinen keskustelu elävöittäisi maailmaa. Vuorovaikutus ei olisi tämän jälkeen lukittu vain pelaaja-NPC vuorovaikutukseen vaan se avaisi mahdollisuuden pelaaja-NPC-NPC-pelaaja vuorovaikutukseen. (Hasani & Udjaja, 2021).

Vapaampi vuorovaikuttaminen NPC-hahmojen kanssa vaatii kuitenkin työtä ja on iso pohdinnan aihe peliteollisuudelle. Käyttäjäkokemuksen parantaminen NPC-hahmojen kautta, jotka pystyvät aktiivisesti oppimaan pelaajan kanssa käydyn vuorovaikutuksen avulla, on erittäin haasteellista. Nämä vuorovaikutukset voivat olla epäjohdonmukaisia, vaikeasti ymmärrettäviä, eivät liity täysin peliin tai eivät vain ole hauskoja pelaajalle. Luonnollisen kielen vuorovaikutus on mielenkiintoinen vaihtoehto itsenäisille ja opetettaville NPC-hahmoille. Pelaaja pystyisi olemaan vuorovaikutuksessa pelihahmojen kanssa vapaasti käsikirjoituksen ulkopuolella ilman, että heidän pitäisi opetella vaikeita käyttöliittymiä. NLP menetelmät ovat parantuneet viime aikoina huomasti ja koneen luetun ymmärtäminen on pystynyt ylittämään jo ihmisen tason rajoitetuissa testeissä. Pelaajille tämä voi kuitenkin tuottaa ongelmia alussa miettiä mitä sanoa ja miten vuoro vaikuttaa NPC-hahmojen kanssa, kun taas pelinkehittäjille tulee olemaan vaikeata arvata minkälaisia syötteitä pelaajat saattavat käyttää pelissä (Allison et al., 2018).

Tutkimuksessaan Allison, Luger ja Hofmann tutkivat miten pelaajien syötteet erosivat toisistaan NPC-hahmojen kanssa vuorovaikuttaessa. Heidän saamat tulokset viittasivat siihen, että pelaajien välillä on suuria samankaltaisuuksia käytetyissä syötteissä, mutta silti isoja eroja sanavalinnoissa, käytöksessä ja tekoälylle asetetuissa odotuksissa. Koneoppimispohjainen NLP pystyisi heidän mielestään dramaattisesti muuttamaan peleissä tapahtuvaa vuorovaikutusta pelihahmojen kanssa, mutta on epätodennäköistä, että tämänhetkinen teknologia pääsisi heti ihmisen tasolle kielen ymmärtämisessä ja paljon työtä silti tarvitaan tämän tulevaisuuden toteuttamisessa (Allison et al., 2018).

3.3 Suorituskyvyn parantaminen tekoälyllä

Reaaliaikaisella renderöinnillä luodaan useita kuvia tai ruudunpäivityksiä joka sekunti. Tämä luo peliin käyttäjälle liikkeen ja interaktiivisuuden tunteen. Reaaliaikeinen renderöinti tapahtuu yleensä pelimoottorilla kuten Unreal Engine tai Unity. Käyttäjän syötteet vaikuttavat siihen mitä ruudulla tapahtuu, jonka vuoksi renderöinnin pitää tapahtua nopeasti, jotta käyttäjä ei pysty erottamaan eri ruutuja toisistaan. Tämä on kuitenkin vaikea saavuttaa videopeleissä ja graafikoiden jatkuva kehittyminen sekä eri

pelaajien välillä vaihtelevat laitteistot tekevät lähes mahdottomaksi saada pelistä kaikille ideaalia kokemusta. (Kapse, 2021).

Käyttäjille on lisäksi saatavilla monia eri monitoreita erittäin korkeillakin resoluutioilla, kuten 2560x1440, 3840x2160 ja jopa 7680x4320. Näin korkeat resoluutiot vaativat erittäin hyvää suorituskykyä näytönohjaimelta. Esimerkiksi 8k resoluutiolla 60 fps saavuttaminen Call of Duty Warzonessa, vaatisi vähintään Nvidia:n 3080ti tai AMD:n RX6900XT näytönohjaimen, jotka ovat hintaluokaltaan yli 1000 euroa. Tämän hintaisen näytönohjaimen hankkiminen ei luonnollisesti ole mahdollista kaikille. Tämän vuoksi näytönohjain valmistajat ovat yrittäneet luoda teknologioita ongelman minimoimiseksi. Nvidia on luonut teknologian nimeltä DLSS, joka mahdollistaa pelin renderöinnin alemmalla resoluutiolla, jonka näytönohjain sitten skaalaa takaisin natiiviresoluutioon tekoälyn avulla parantaen suorituskykyä ja yrittäen säilyttää kuvanlaadun. Nvidia:n DLSS on saatavilla vain Nvidia:n omille RTX sarjan näytönohjaimille sillä se hyödyntää Tensor-ytimiä, joita ei ole saatavilla vanhemmissa GTX sarjan näytönohjaimissa, jotka ovat erittäin hyviä syväoppimis- ja tekoälytehtävissä. AMD on myös kehittänyt vastaavan teknologian nimeltään FSR, jonka etu DLSS:ään verrattuna on sen laajempi saatavuus, sillä se on saatavilla niin Nvidia:n kuin AMD:n näytönohjaimille. Tämän lisäksi se ei vaadi uusimpia Nvidia:n RTX sarjan tai AMD:n RX sarjan näytönohjaimia vaan toimii myös vanhemmilla näytönohjaimilla (Li et al. 2022). DLSS ja FSR ei kuitenkaan pysty auttamaan tilanteissa, joissa näytönohjain on tarpeeksi nopea, mutta tietokoneen prosessori ei pysy mukana. Tällainen tilanne on nykyään peleissä harvinainen, mutta mahdollinen.

Laajasti saatavilla olevat teknologiat, kuten DLSS tai FSR eivät kuitenkaan ole ainoita tai välttämättä edes parhaita tapoja resoluution skaalaamiselle. Xiao et al. esittelevät tutkimuksessaan uuden koneoppimis pohjaisen lähestymistavan korkealaatuiseen resoluution skaalaamiseen reaaliaikaisissa sovelluksissa. He löysivät tutkimuksessaan, että heidän kehittämä teknologia olisi laadultaan verrattavissa Nvidia:n DLSS teknologiaan ja samalla numeerisesti etuasemassa sen hetken parhaimpiin superresoluutio menetelmiin. (Xiao et al., 2020). Mercier et al. esittelevät kanssa omassa tutkimuksessaan vastaavan teknologian, joka myös suoriutui paremmin kuin Nvidia:n DLSS teknologia ja oli lisäksi 4x tehokkaampi verrattuna Xiao et al. esittelemään tapaan (Mercier et al., 2023).

Mikä on sitten sopiva ruudunpäivitysnopeus hyvän pelikokemuksen takaamiseksi? Tämä on erittäin henkilökohtainen asia sillä yksi henkilö voi olla täysin tyytyväinen 30 fps pelaamiseen, kun taas toinen henkilö ei suvaitse yhtään vähempää kuin 60 fps. Wang et al. käsittelivät aihetta tutkimuksessaan ja tutkivat miten ruudunpäivitysnopeus vaikuttaa pelikokemukseen virtuaalisen todellisuuden kontekstissa. He tutkivat neljää eri ruudunpäivitysnopeutta, jotka olivat 60, 90, 120 ja 180 fps kahdessa eri VR applikaatioissa. Tutkimuksessa selvitettiin miten fps vaikuttaa käyttäjien pelikokemukseen, suorituskykyyn ja simulaattori pahoinvointiin. Tutkimuksessaan he tulivat siihen johtopäätökseen, että VR applikaatioissa 120 fps on tärkeä alaraja. Tämän rajan alle mentäessä tutkittavat henkilöt kokivat enemmän pahoinvointia virtuaalisessa todellisuudessa, suoriutuivat annetuista tehtävistä huonommin ja yleinen käyttäjäkokemus ei ollut yhtä hyvä verrattuna 120 fps:n rajan yli mentäessä. 60 fps ei esimerkiksi antanut tarpeeksi visuaalista palautetta, kun ruudulla oli nopeasti liikkuvia objekteja, jonka vuoksi käyttäjät joutuivat muuttamaan heidän strategiaansa pelissä verrattuna korkeampiin ruudunpäivitysnopeuksiin. 120 fps:n yli meneminen ei tuottanut negatiivisia vaikutuksia ja saatava hyöty 120 fps ylös mentäessä oli pienempi kuin hyppy 60 päivityksestä sekunnissa 120:een. (Wang et al., 2023). Tämä tutkimus ei ole täysin verrattavissa normaaliin videopelaamiseen, sillä matala fps ei todennäköisesti aiheuta

huonon olon tunnetta tavallisissa videopeleissä samoin kuin VR applikaatioissa. Kuitenkin pelitilanteessa suoriutuminen on mielestäni verrattavissa hyvin virtuaalisen todellisuuden ja normaalin pelaamisen välillä.

4. Pohdinta

Barr ja Cabreran esille nostama väite, ettei tekoäly pääse ihmisen tasolle tietyissä yksinkertaisissa tehtävissä, kuten esineiden tunnistamisesta kuvista (Barr & Cabrera, 2006) on hieman vanhentunut ottaen huomioon, että väittämä on tehty 2006. Esineiden tunnistaminen kuvista on vielä hieman haasteellista, mutta tekoäly pystyy sitä nykyään tekemään erittäin hyvin. Testasin laajasti saatavilla olevaa kuvantunnistus sovellusta Google Lens:ia ottamalla kuvan kitarastani ilman, että sen valmistajan nimi on näkyvillä ja tekoäly onnistui täysin tunnistamaan mikä valmistaja ja malli on kyseessä (Kuva 2.).



Kuva 2. Kuvankaappaus kuvasta, joka on otettu Google Lens sovelluksella. Google Lens pystyi tunnistamaan kitaran valmistajan ja tarkan mallin ilman, että kuvassa itsessään sitä lukisi missään.

Haasteita tekoälyn kehittämisestä ja käytöstä syntyy paljon ja olen samaa mieltä aikaisemmissa tutkimuksissa esitettyjen haasteiden kanssa. Tekoälyn kehittämisen myötä on vaikeampaa tunnistaa keskustelussa ihmistä tekoälystä ja tekoälyä hyödyntämällä pystytään tekemään väärennetyjä kuvia ja videoita ihmisistä sekä imitoimaan heidän ääniään. Nämä ovat pelottavia mahdollisuuksia tekoälyn käytölle ja näihin tarvittavat tekoälysovellukset eivät ole erityisen vaikeasti löydettävissä. Ihmisten yksityisyyden loukkaaminen on erittäin helppoa tekoälyllä ja tämän vuoksi pitää muistaa tarkastella kriittisesti kaikkea mitä internetissä näkee tai kuulee.

Tekoälyn kehitystä videopeleissä on ollut ilo seurata. Verraten ihan ensimmäisiä tekoälyjä mitä videopeleissä on käytetty nykyhetkeen, on ero aivan huikea. Tätä kehitystä on vaikeaa hahmottaa ilman, että kokeilee vanhoja pelejä uudestaan. Dynaamisemmat tarinat ovat ainakin yksi osio videopeleissä mikä on kehittynyt paljon ja tekoälyn

avustuksella se pystyisi kehittymään vielä enemmän. Tekoäly interaktiivisessa tarinankerronnassa pystyisi muovaamaan tarinaa sopivammaksi eri käyttäjille ja helpottamaan pelinkehittäjien työtä. Tekoälyn hyödyntäminen ei kuitenkaan ole välttämätön hyvän interaktiivisen tarinan luomisessa. Riedl nostaa esille tutkimuksessaan yhdeksi keskeiseksi ongelmaksi pelaajan vapauden muokata tarinaa ja pelinkehittäjien suunnitteleman tarinan tasapainon (Riedl, 2012). Tätä on yritetty kiertää antamalla pelaajille mahdollisuuden tehdä päätöksiä pelissä, mutta niiden vaikutus ei muokkaa tarinaa mielivaltaisesti vaan suuntaa tarinan yhteen esimerkiksi neljästä pelinkehittäjien suunnittelemaasta lopusta pelille. Tästä esimerkkinä voidaan ottaa esille *Witcher 3* ja *Red Dead Redemption 2*. Näissä kahdessa pelissä tarinaa pystyy muokkaamaan omilla päätöksillä ja tehdyt päätökset muuttavat pelin lopputulosta. *Witcher 3*:ssa esimerkiksi on kolme päälopetusta tarinalle. Tietyt päätökset vaikuttavat pelkäästään tähän lopputulokseen ja näistä päätöksistä pidetään jonkinlaista pistejärjestelmää, jonka mukaan pelin loppu määräytyy. Monille hahmoille on myös oma tarinanloppu pelissä, joka on riippuvainen pienemmistä päätöksistä mitä tehdään eri sivutarinoissa pelin sisällä. Tämä tekee pelistä erittäin interaktiivisen, mutta samalla vähentää pelinkehittäjien työtä sillä kaikki päätökset eivät ole riippuvaisia toisistaan. *Red Dead Redemption 2* pelin interaktiivisuus saavutetaan kunniajärjestelmällä. Tällä tavalla hyvät teot nostavat ja huonot teot laskevat pisteitä. Pelin lopputulos määräytyy sen mukaan, onko käyttäjällä pelin lopussa korkea vai matala kunniasa. Nämä kaksi esimerkkiä mahdollistavat todella interaktiivisen tarinan missä käyttäjä voi tehdä paljon päätöksiä ilman tekoälyn apua.

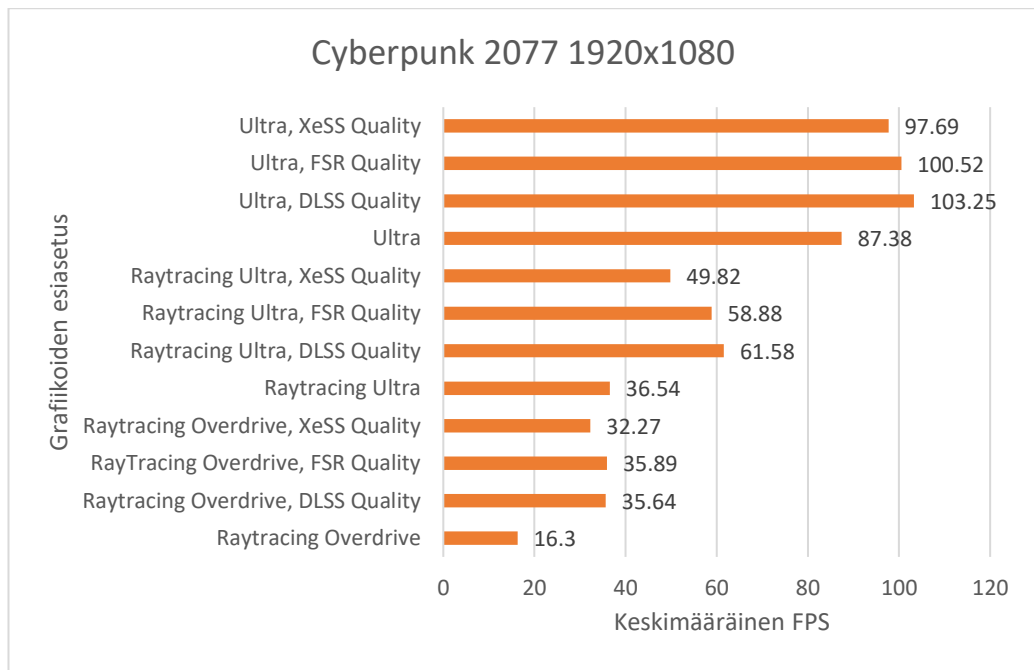
NPC-hahmot ovat mielestäni sellainen osa videopelejä, minkä kehittäminen on välttämätöntä. Omat kokemukseni NPC-hahmoista, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, ovat aika keskinkertaiset. NPC-hahmot, varsinkin sellaiset, jotka eivät ole keskeisiä tarinassa, eivät monesti huomio pelaajan tekemisiä pelimaailmassa mitenkään eikä niiden kanssa pysty vuorovaikuttamaan. Lisäksi tarinalle keskeisetkin NPC-hahmot yleensä suunnitellun dialogin jälkeen jäävät toistamaan viimeisintä puheenvuoroa. Tämä mielestäni rikkoo immersiota. Itselleni suuri negatiivisen kokemuksen lähde on NPC-hahmoilta saatu epäselvä ohjeistus mitä tehdä seuraavaksi ja niiden kanssa uudelleen puhuminen toistaa vain samaa epäselvää ohjetta. Antony et al. tutkimuksessaan ottaa esille sen miten tekoälypohjaiset chatbotit videopeleissä pystyisi toimimaan reaaliaikaisena tukena ja avustamaan pelaajaa pelimaailman navigoimisessa (Antony et al., 2023). Olen samaa mieltä tämän kanssa varsinkin, jos tällainen teknologia saadaan sisällytettyä pelin NPC-hahmoin. Antony et al. ottaa esille myös tekoälyn arvattavuuden ja jos käytöksestä saataisiin dynaamisempaa ja vähemmän arvattavaa voisi se nostaa pelin kiinnostusta ja uudelleen pelaamisen arvoa. (Antony, et al., 2023). Tämä on myös mielestäni hyvä pointti sillä monet tarina pelit ovat yhden läpi pelaamisen jälkeen jo nähty, eikä niistä saa samanlaista arvoa ja kokemusta toisilla pelikerroilla. Mutta jos NPC-hahmot toimisivat vapaammin ja arvaamattomammin olisi seuraavien pelikertojen kokemus yhtä uudenlainen kuin ensimmäisellä kerralla. Tässä kuitenkin esiintyy samat haasteet mitä käytiin jo läpi aikaisemmin. Tekoälyn kanssa työskentely on monimutkaista ja syötteet pelaajien välillä voi vaihdella suuresti. Vapaamman tekoälyn pitäisi toimia sujuvasti ilman bugeja, jotta pelikokemus sen avulla voisi parantua. Jos tekoäly vastailisi pelaajalle samoin kuin monet tekoälypohjaiset keskusteluagentit kuten ChatGPT, kun joku tieto ei ole sille saatavilla, rikkoisi se immersiota vielä pahemmin.

Yhtenä hyvin toteutettuna esimerkkinä, jossa tekoälyä käytetään hyvin niin tarinassa kuin NPC-hahmoissakin, haluaisin nostaa esiin vuonna 2023 tulleen pelin *Baldur's Gate 3*. Pelissä pelaaja voi muuttaa erittäin radikaalisti tarinan suuntaa omilla päätöksillä tehden pelistä erittäin interaktiivisen ja immersiiivisen. Pelin NPC-hahmot ovat myös hyvin

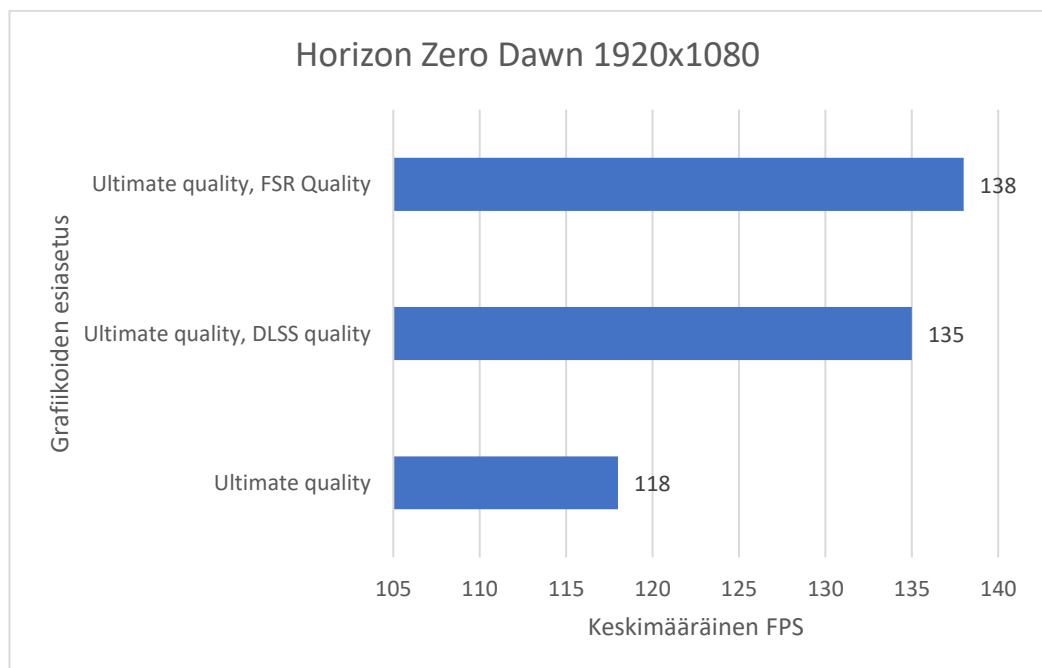
ihmismäisiä ja heidän kanssaan pystyy luomaan suhteita hyvään tai huonoon suuntaan. Tämä mahdollistaa esimerkiksi NPC-hahmon suututtamisen pelaajan päätöksien ja tekojen takia ja he lähtevät pelaajan seurueesta. Tällainen NPC-hahmojen käyttäytyminen ulottuu hahmoihin, jotka eivät ole täysin keskeisiä tarinalle, siten että he kohtelevat pelaajaa paremmin tai huonommin riippuen pelaajan teoista. Luulisin omien kokemusten perusteella Baldur's Gate 3:en hyödyntävän todennäköisesti samantyylistä kaikkitietävää drama manageria, jonka Riedl esittelee tutkimuksessaan (Riedl, 2012). Tämän drama managerin avulla peli oppii käyttäjän tekemistä päätöksistä ja muokkaa tarinaa, maailmaa sekä NPC-hahmojen käyttäytymistä antaen pelaajille uniikin kokemuksen. Baldur's Gate 3 sisältääkin 10 päälopetusta tarinalle, mutta pieniä muutoksia tarinaan voi tulla yli 17000 riippuen pelaajan tekemistä päätöksistä tarinan aikana.

Paljon kokemusta tekoälyn hyödyntämisestä videopeleissä minulla on suorituskyvyn parantamisen osalta. Pelasin videopelejä pitkää huonommalla tietokoneella ja kun sen viimein päivitin, en päivittänyt täysin parhaimpiin osiin. Fps määrä on omasta mielestäni erittäin tärkeä osa pelikokemusta, sillä peli tuntuu sulavammalta ja jos peli vaatii nopeaa reaktioaikaa, on sitä helpompi pelata, kun fps määrä on suuri. Ammattipelaajat peleissä, kuten CS2 yrittävätkin pitää resoluution ja grafiikka asetukset mahdollisimman matalina juuri siksi että fps määrä olisi mahdollisimman suuri. Yleinen harhaluulo on, että fps määrä ei vaikuta enää, kun puhutaan luvuista, jotka ylittävät pelimonitorin virkistystaajuuden. Kuitenkin isompi fps määrä vaikuttaa pelattavuuteen aina, vaikka se ylittäisikin monitorin virkistystaajuuden. Mitä enemmän ruudun päivityksiä sekunnissa sitä tuorempi ruutu on monitorille saatavilla sen päivittäessä kuvaa ja sitä responsiivisemmalla peli tuntuu. Tämä hyöty kuitenkin pienenee mitä suuremmaksi luvut menevät.

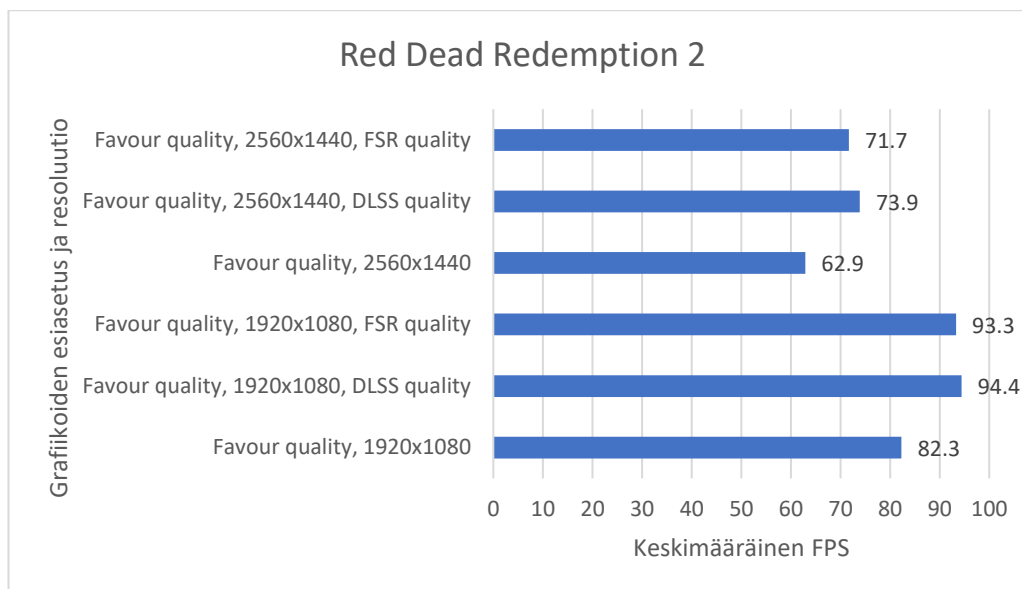
Omien kokemuksieni perusteella Nvidia:n DLSS, AMD:n FSR ja Intel'in XeSS toimivat kaikki hyvin ja tekevät sen mitä mitä mainostavatkin eli nostavat fps:ää ilman, että laatu kärsii kohtuuttomasti. Mielestäni näistä kolmesta implementoinnista DLSS on paras. Sen avulla laatu pysyy hyvänä ja joissain peleissä ei edes huomaa eroa natiiviresoluutiolla renderöityyn kuvaan. Suorituskyvyn puitteissa se on myös paras näistä kolmesta teknologiasta. Pelkän laadun puolesta Intel'in XeSS on mielestäni paras, mutta DLSS on niin lähellä ja siitä saatava ylimääräinen hyöty suorituskyvyssä tekee siitä mielestäni paremman vaihtoehdon. Testasin näitä teknologioita muutamissa peleissä, joissa ne olivat saatavilla ja tulokset näistä on näkyvillä alapuolella (Kuva 3.), (Kuva 4.), (Kuva 5.). XeSS on julkaistu myöhemmin kuin DLSS ja FSR, jonka vuoksi sitä on saatavilla peleissä huonommin. Minulta löytyikin vain yksi peli, jossa XeSS oli saatavilla (Kuva 3.), joten kahdessa muussa pelissä (Kuva 4.), (Kuva 5.) testasin vain DLSS ja FSR teknologioita. Lisäksi Red Dead Redemption 2 pelissä testasin myös 1440p resoluutiota 1080p lisäksi. sillä kyseisessä pelissä suuremmasta resoluutiosta, vaikka näyttö ei sitä tukisi, on todella iso hyöty kuvanlaadussa. Testit tehtiin pelien sisäisellä benchmark toiminnolla, jotta tulokset olisivat mahdollisimman johdonmukaiset. Näytönohjaimena toimi RTX 3060 Ti, prosessorina oli Ryzen 5 5600 ja Ram muistia tietokoneessa oli 16gb jonka nopeutena 3600Mhz CL16.



Kuva 3. Cyberpunk 2077 benchmark tulokset eri grafiikka esiasetuksilla ja upscaling teknologioilla.



Kuva 4. Horizon Zero Dawn benchmark tulokset natiiviresoluutiolla ja eri upscaling teknologioilla.



Kuva 5. Red Dead Redemption 2 benchmark tulokset eri resoluutioilla ja upscaling teknologioilla.

Kuten tuloksista näkee DLSS, FSR ja XeSS kaikki nostavat keskimääräistä fps:ää natiiviin verrattuna. DLSS ja FSR kuitenkin nostavat sitä enemmän kuin XeSS. Kuvanlaadullisesti mielestäni parhaiten toimi XeSS ja DLSS, koska erityisesti Red Dead Redemption 2 pelissä FSR aiheutti suuria visuaalisia artefakteja.

Mielestäni suorituskyvyn parantamiseen tekoälyä hyödynnetään hyvin ja kaikki laajasti saatavilla olevat teknologiat ajavat asiansa. Aikaisemmissa tutkimuksissa Mercier et al. (2023) esittelemä teknologia, joka suoriutui paremmin kuin Nvidia:n DLSS teknologia ja oli lisäksi 4x tehokkaampi verrattuna Xiao et al. esittelemään tapaan (Mercier et al., 2023) kuulostaa teoriassa hyvältä ja voisi parantaa pelikokemusta vielä enemmän laajasti saatavilla oleviin teknologioihin verrattuna. Tämä teknologia ei kuitenkaan ole laajasti saatavilla tai helposti kokeiltavissa peleissä, joten en sitä pystynyt ottamaan mukaan. Haluan ottaa myös esille Nvidia:n DLSS 3 Frame generation teknologian ja myös hieman uudemman AMD:n FSR 3 Frame generation teknologian. Nämä teknologiat hyödyntävät tekoälyä oppimalla aikaisemmin renderöidyistä kuvista ja luomalla niiden pohjalta lisää ruudunpäivityksiä. Näillä teknologioilla luodut ruudunpäivitykset eivät ole täydellisiä, mutta kuvanlaadun heikentyminen on niin pieni verrattuna siitä saatavaan hyötyyn, että jos niitä on mahdollista käyttää, niin se on todennäköisesti kannattavaa sillä näistä saatava hyöty fps määrään voi olla jopa 50 %. Suurin haitta näissä teknologioissa on se, ettei tekoälyllä luotujen ruutujen kanssa pysty vuorovaikuttamaan. Tämä johtaa siihen, että vaikka fps olisi pelissä ilman kyseistä teknologiaa 70 ruudunpäivitystä sekunissa ja 100 ruudunpäivitystä sekunissa frame generationin kanssa, tuntuu peli silti frame generation päällä samalta kuin 70 fps. Tämä lisä viive ei kuitenkaan pitäisi olla suuri ongelma tavalliselle pelaajalle ja nousee ongelmaksi vasta kun puhutaan kilpailullisesta pelaamisesta. Toinen haitta on myös teknologioiden saatavuus. Nvidia on lukinnut teknologian vain uusille RTX 40 sarjan näytönohjaimille ja AMD:n teknologia on vielä niin uusi, että se on saatavilla vain muutamissa peleissä. Virtuaalisen todellisuuden applikaatioissa nämä teknologiat voisivat kuitenkin olla loistavia. Wang et al., tutkimuksessa esitetty 120 fps, joka on tarpeellinen hyvään pelikokemukseen, on erittäin korkea, joten nämä teknologiat voisivat avustaa tähän lukuun pääsemisessä laajemmalle yleisölle.

5. Johtopäätökset

Miten tekoälyä hyödynnetään videopeleissä ja miten sen avulla voidaan parantaa käyttäjäkokemusta? Tekoäly on keskeinen osa videopelejä. Sen käyttö videopeleissä on kuitenkin vielä osittain rajoitettua, eikä tekoälyn täyttä potentiaalia hyödynnetä. Interaktiivisissa tarinoissa tekoälyn apua hyödynnetään vielä aika vähäisesti, mutta dynaamiset tarinat, mitä markkinoille on tuotu, ovat erittäin viihdyttäviä ilmankin. Tekoälyn avulla videopeleistä saataisiin vielä yksilöllisempiä pelaajille ja niistä saatava arvo kasvaisi. Tästä esimerkkinä 2023 tullut Baldur's Gate 3, joka hyödyntää tekoälyä laajasti niin tarinassa, kuin NPC-hahmoissa luoden erittäin uniikin kokemuksen käyttäjille. Tekoälypohjaiset NPC-hahmot ovat peleissä vielä usein ennalta ohjelmoituja ja aika yksinkertaisia. Tekoälyn kehittymisen myötä realistisemmat ja monipuolisemmat NPC-hahmot, jotka reagoivat pelaajan toimintoihin luonnollisemmin olisivat mahdollisia. Esimerkkinä pelaaja voisi vapaammin vuoro vaikuttaa NPC-hahmon kanssa ja nähdä miten tämä hahmo kehittyy sekä oppii pelaajan kanssa käydyn vuorovaikutuksen kautta, tuoden peliin aivan uuden ulottuvuuden. Grafiikoiden ja suorituskyvyn parantaminen tekoälyn avulla on myös erittäin tärkeä osa tekoälyn hyödyntämisestä videopeleissä etenkin peligrafiikoiden ja tehosteiden jatkuvan kehittymisen takia. Pelit pystytään renderöimään alemmalla resoluutiolla vapauttaen näytönohjaimen resursseja ja sitten tekoälyn avulla skaalaamaan takaisin natiiviksi minimaalisella laadun menetyksellä. Esimerkkejä tällaisista teknologioista ovat Nvidia:n DLSS, AMD:n FSR ja Intel'in XeSS, jotka kaikki onnistuvat hyvin suorituskyvyn parantamisessa ja laadun säilyttämisessä. Lisäksi uudet koneoppimis pohjaiset tavat lupaavat vielä parempia tuloksia.

Tärkeää on ottaa huomioon kuitenkin kaikki haasteet mitä tekoälyn myötä syntyy. Tekoälyn kehittäminen ja käyttäminen tuo mukanaan vastuun sen oikeudenmukaisesta ja eettisestä käytöstä. Eettiset ongelmat, kuten yksityisyyden suoja ja mahdollinen teknologian väärinkäyttö täytyy pitää mielessä ja näihin ongelmiin pitää varautua oikein. Lisäksi tekoälyn tuottaman sisällön säädökselliset rajoitteet on hyvä ottaa huomioon, sillä usein on mahdotonta tietää mistä tekoälyn tuottama sisältö on peräisin ja onko se edes oikeellista. Yhteenvetona voidaan todeta, että tekoälyn käyttö videopeleissä on tuonut merkittäviä parannuksia pelaajien pelikokemukseen, mutta paljon työtä on vielä edessä sen täyden potentiaalin avaamiseen. Tulevaisuudessa voidaan odottaa tekoälyn laajaa hyödyntämistä dynaamisempien tarinoiden kehittämisessä, realistisempien NPC-hahmojen luomisessa ja suorituskyvyn parantamisessa. On mielenkiintoista seurata, miten teknologia tulee kehittymään, miten pelinkehittäjät pystyvät hyödyntämään sitä ja miten pystytään vastaamaan kehittyvän teknologian esittämiin haasteisiin.

Tutkielma ei anna vastausta, miten käytännössä tekoälyä voidaan käyttää peleissä tai miten sen luomiin haasteisiin pitäisi varautua. Jatkotutkimuksen aiheita voisi olla tutkia miten tekoälyä voidaan hyödyntää interaktiivisessa tarinankerronnassa käytännön näkökulmasta. Miten tekoäly voitaisiin sisällyttää tarinankerrontaan ja millaista arvoa se loisi. Samoin tekoälyn käyttöä NPC-hahmoissa voitaisiin tutkia lähemmin tekemällä esimerkiksi käyttäjätestausta, jotta selvitetäisiin mistä käyttäjät pitävät ja mitä he haluaisivat tulevaisuudessa nähdä NPC-hahmojen käyttäytymisessä. Suorituskyvyn parantaminen tekoäly teknologioilla vaatisi lisätutkimuksia varsinkin laajalti saatavilla oleville teknologioille. Nämä olivat hieman puutteellisia ja moni tutkimus vertasi itse kehitettyjä teknologioita varsin suppeasti laajalti saatavilla oleviin DLSS, FSR ja XeSS teknologioihin. Jatkotutkimuksena olisi siis hyvä nähdä lisää kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia tutkimuksia näihin liittyen.

Tutkielmassa vain pieni osa tekoälyn tuomista haasteista on esitelty, joten jatkotutkimuksena tähän olisi hyvä tutkia miten näihin haasteisiin pystytään vastaamaan. Tärkeää olisi selvittää vielä laajemmin millaisia eettisiä ongelmia tekoälyn kehittyminen ja sen suurentunut käyttö aiheuttaa. Lisäksi miten näitä ongelmia pystyttäisiin minimoimaan, jotta ne eivät realisoituisi ja aiheuttaisi pieniä tai vakavia seurauksia eri osapuolille.

Lähteet

- Allison, F., Luger, E., & Hofmann, K. (2018) How Players Speak to an Intelligent Game Character Using Natural Language Messages. *Transactions of the Digital Games Research Association*, 4(2), 1-49. <https://doi.org/10.26503/todigra.v4i2.88>
- Anantrasirichai, N & Bull, D. (2021). Artificial intelligence in the creative industries: a review. *Artificial intelligence review*, 55, 589-656 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10462-021-10039-7>
- Antony, S., T, S., Joshua, R., & Jayapandian, N. (2023). Artificial Intelligence Involvement in Graphic Game Development. *Second International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems*, 82-86. <https://doi.org/10.1109/ICAISS58487.2023.10250553>
- Barr, J. & Cabrera, L. F. (2006) AI Gets a Brain: New technology allows software to tap real human intelligence. *Queue*, 4(4), 24-29. <https://doi.org/10.1145/1142055.1142067>
- Hsu, F-H. (1999) IBM's Deep Blue Chess grandmaster chips. *IEEE Micro*, 19(2), 70-81. <https://doi.org/10.1109/40.755469>
- Hasani, M., & Udjaja, Y. (2021) Immersive Experience with Non-Player Characters Dynamic Dialogue. *1st International Conference on Computer Science and Artificial Intelligence*, 418-421. <https://doi.org/10.1109/ICCSAI53272.2021.9609725>
- Kapse, K. (2021) An Overview of Current Deep Learned Rendering Technologies. *7th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems*, 1404-1409. <https://doi.org/10.1109/ICACCS51430.2021.9441822>
- Li, T., Liu, Y., Miao, Y., & Zhu, Z. (2022) Analysis on Generative Adversarial Networks: Application in Graphics and Image Processing. *IEEE 4th International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology*, 822-827. <https://doi.org/10.1109/ICCASIT55263.2022.9987099>
- Mercier, A., Erasmus, R., Savani, Y., Dhingra, M., Porikli, F., & Berger, G. (2023) Efficient neural supersampling on a novel gaming dataset. *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, 296-306. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.01483>
- Nah, F., Zheng, R., Cai, J., Siau, K., & Chen, L. (2023) Generative AI and ChatGPT: Applications, challenges, and AI-human collaboration. *Journal of Information Technology Case and Application Research*, 25(3), 277-304. <https://doi.org/10.1080/15228053.2023.2233814>
- Quadir, A. & Khder, M. (2022). Exploring the Potential of A.I.-Driven Opponents in Video Games. *ASU International Conference in Emerging Technologies for Sustainability and Intelligent Systems*, 464-469. <https://doi.org/10.1109/ICETIS55481.2022.9888909>

- Ranjitha, M., Kazaka, N., & Lincy, J. (2020) Artificial Intelligence Algorithms and Techniques in the computation of Player-Adaptive Games. *Journal of Physics: Conference Series*, 1427. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1427/1/012006>
- Riedl, M. (2012). Interactive Narrative: A Novel Application of Artificial Intelligence for Computer Games. *Proceedings of the Twenty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 2160-2165. <https://doi.org/10.1609/aaai.v26i1.8447>
- Salminen, A. (2011). Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppisiin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. https://osuva.uwasa.fi/bitstream/handle/10024/7961/isbn_978-952-476-349-3.pdf
- Simonov, A., Zagarskikh, A., & Fedorov, V. (2019) Applying Behavior characteristics to decision-making process to create believable game AI. *Procedia Computer Science*, 156, 404–413. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.222>
- Skinner, G. & Walmsley, T. (2019). Artificial Intelligence and Deep Learning in Video Games A Brief Review. *IEEE 4th International Conference on Computer and Communication Systems*, 404-408. <https://doi.org/10.1109/CCOMS.2019.8821783>
- Turing, A. M. (1950) Computing Machinery and Intelligence, *Mind*, LIX, 433-460. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
- Wang, J., Rongkai, S., Wenxuan, Z., Weijie, X., Dominic, K., & Hai-Ning, L. (2023) Effect of Frame Rate on User Experience, Performance, and Simulator Sickness in Virtual Reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 29(5), 2478-2488. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2023.3247057>
- Wu, Y., Yi, A., Ma, C., & Chen, L. (2023) Artificial intelligence for video game visualization, advancements, benefits and challenges. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 20(8), 15345-15373. <https://doi.org/10.3934/mbe.2023686>
- Xiao, L., Nouri, S., Chapman, M., Fix, A., Lanman, D., & Kaplanyan, A. (2020). Neural Supersampling for Real-time Rendering. *ACM Transactions on Graphics*, 39(4), Article 142. <https://doi.org/10.1145/3386569.3392376>
- Yu, H. & Riedl, M. (2012) A sequential recommendation approach for interactive personalized story generation. *Proceedings of the 11th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, 1, 71-78. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2343576.2343586>