

Tekoälyn hyödyt ja haitat pelinkehityksen eri vaiheissa

Tietojenkäsittelytiede
Tietotekniikan laitos, Teknillinen tiedekunta
Kandidaatintutkielma

Laatija:
Jenna Peltomäki

Helmikuu 2026

Kandidaatintutkielma
Tietotekniikan laitos, Teknillinen tiedekunta
Turun yliopisto

Tutkinto-ohjelma: Tietojenkäsittelytiede

Tekijä: Jenna Peltomäki

Otsikko: Tekoälyn hyödyt ja haitat pelinkehityksen eri vaiheissa

Sivumäärä: 26 sivua

Päivämäärä: Helmikuu 2026

Tässä kandidaatintutkielmassa käsitellään pelinkehityksen alalla tekoälyn tarjoamia hyötyjä ja sen käytöstä aiheutuneita ongelmia. Tutkimuksen tarkoituksena on nostaa esille tekoälyn ongelmia laajemmin, sillä monet tämänhetkisistä tutkimuksista keskittyvät laajalti käsittelemään vain tekoälyn hyötyjä jättäen sen mahdolliset haitat joko vallan mainitsematta tai käsittelemällä niitä vain hyvin lyhyesti.

Tutkielma on kirjallisuuskatsaus, jossa tarkastellaan kolmea aiheeseen syventyvää tutkimusta. Tekoälyohjelmat on jaoteltu niiden tarjoamien hyötyjen perusteella yhteen kolmesta pelituotannon kehitysvaiheesta: esituotantoon, tuotantoon tai jälkituotantoon. Esituotantovaiheessa tekoälyä on mahdollista hyödyntää osana suunnitteluprosessia, tuotantovaiheessa tekoälyn käytöllä voidaan vaikuttaa pelin hahmojen käyttäytymiseen sekä pelin grafiikan optimointiin ja jälkituotantovaiheessa tekoälyä hyödynnetään muun muassa testauksessa ja mainonnassa.

Myös tekoälyn ongelmia käsitellään tarkemmin tutkielmassa ja niille tarjotaan mahdollisia ratkaisuja haittojen minimoimiseksi. Tutkielmassa tarkastellaan tekoälyn ongelmia kuten yksityisyydensuojan puutetta, tekoälyn algoritmien huonoa näkyvyyttä, reiluusongelmia, joustamatonta käytöstä, muita laillisia ja eettisiä huolia sekä tunteiden ja luovuuden puutetta. Jokaiselle ongelmalle tarjotaan tapoja minimoida sen aiheuttamia haittoja. Esimerkiksi ratkaisuna reiluusongelmalle, joustamattomalle käytökselle sekä tunteiden ja luovuuden puutteelle tarjotaan paremman ja laajemman koulutusdatan keräämistä.

Tekoälyn hyötyjen ja haittojen vertailun perusteella tutkielmassa tullaan siihen lopputulokseen, että tekoälyä käyttävien ohjelmien tarjoamat hyödyt ovat suurempia kuin niiden aiheuttamat ongelmat. Minimoimalla tekoälyn aiheuttamia haittoja ja hyödyntämällä tekoälyä pelikehityksen eri vaiheissa, on mahdollista parantaa tekoälyä hyödyntävien ohjelmien toimintaa peliteollisuuden alalla.

Asiasanat: ohjelmointi, tekoäly, peliteollisuus

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Taustaa	3
3	Tekoälyn hyödyt ja haitat pelituotannon kehitysvaiheissa	6
3.1	Esituotantovaihe	6
3.2	Tuotantovaihe	8
3.3	Jälkituotantovaihe	11
4	Tekoälyn ongelmat ja niille ehdotetut ratkaisut	14
5	Yhteenveto	21
	Lähteet	24

1 Johdanto

Tekoälyä on hyödynnetty pelien tuotannossa jo yli 30 vuotta. Varmasti tunnetuimpia esimerkkejä tekoälyn käytöstä osana pelin toimintaa ovat Deep Blue, joka 90-luvulla onnistui voittamaan shakin maailmanmestarin Kasparovin, sekä AlphaGo, joka voitti Go-pelin ammattipelaajan Leen vuonna 2016. Tekoälyn käyttö osana pelituotantoa on kasvanut merkittävästi viimeisen 10 vuoden aikana koneoppimismenetelmien kehittymisen myötä. Tekoälyä pyritään hyödyntämään eri aloilla entistä enemmän, minkä vuoksi myös tutkijat [1], [2], [3] ovat siirtyneet tarkastelemaan tekoälyn mahdollisuuksia ja ongelmakohtia. Yhä enemmän sosiaalisessa mediassa kritisoidaan tekoälyn käyttöä muun muassa sen eettisten ongelmien vuoksi [4].

Suurin osa tekoälyä tutkivista tutkimuksista korostaa sen hyötyjä kuitenkin jättäen sen mahdollisten ongelmien tarkastelun vähemmälle. Tästä syystä tässä tutkielmassa keskitytään tutkimaan tekoälyn hyötyjen ohella myös sen ongelmia. Tutkielma keskittyy erityisesti pelituotannon alaan, sillä pelien kehityksessä tekoälyä voidaan hyödyntää hyvin monella tapaa aina pelin grafiikoiden ja hahmojen luonnista markkinointiin ja mainontaan saakka. Esimerkkejä tekoälytyökalujen lisääntymisestä osana pelituotantoprosessia voidaan nähdä videopeliyhtiöiden kuten Activision Blizzardin ja Ubisoftin tuotannossa. Activision Blizzard on käyttänyt tekoälyä apuna *Call of Duty: Black Ops 6* -pelin pelitaiteen luomisessa [5] ja Ubisoft on hyödyntänyt generatiivista tekoälyä tehdäkseen pelien hahmojen dialogista etukäteen suunnittelematonta luoden pelaajien jokaisesta pelikerrasta ainutlaatuisen kokemuksen [6].

Tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena ja tutkimusaineistoa kerättiin tietokannoista Google Scholar, ACM Digital Library ja IEEE Xplore. Näiden lisäksi hyödynnettiin rajatusti Keenious -tekoälytyökalua artikkelien haussa. Jo valmiiksi löydetyn tutkimuksen otsikon avulla Keenious ehdotti samankaltaisia tutkimuksia. Keskeisimmäksi aineistoksi muodostui kolme tutkimusartikkelia, jotka käsittelevät tekoälyn hyviä ja huonoja puolia pelikehityksessä. Näistä ensimmäisen oli kirjoittanut Michael Lankes ja Andreas Stockl [1], toisen Ye Tao [3] ja kolmannen Yini Pan [2]. Tutkimuksia käydään tarkemmin läpi kolmannessa luvussa. Tämän lisäksi tutkielmassa käytettiin taustoituksen ja pohdinnan tukena tekoälyyn liittyvää tutkimuskirjallisuutta.

Tutkielman tutkimuskysymyksiä on kolme:

1. Missä pelituotannon vaiheissa voidaan hyödyntää tekoälytyökaluja?,
2. Mitä hyötyjä ja haittoja on tekoälyn hyödyntämisellä pelituotannossa?, ja
3. Voivatko tekoälytyökalujen käytöstä pelituotannossa syntyvät haitat tai eettiset ongelmat ylittää niiden tarjoamat hyödyt?

Tutkielman tutkimuskysymysten perustana on hypoteesi, että pelituotannon alalla tekoälyn aiheuttamat haitat olisivat suurempia suhteessa tekoälyn tarjoamiin hyötyihin. Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tarkoituksena on kartoittaa pelituotannon vaiheita ja miten niissä käytetään tekoälyä. Toinen tutkimuskysymys pyrki selvittämään pelituotannon vaiheissa käytettyjen tekoälytyökalujen tarjoamia mahdollisia hyötyjä ja haittoja. Kolmas tutkimuskysymys tarkastelee syvemmin tekoälytyökalujen hyötyjen suhdetta sen ongelmiin ja sitä, kuinka vakavia tekoälyn haitat todellisuudessa ovat.

Tutkielman toisessa luvussa tarkastellaan tekoälyn määritelmää ja pelituotannon vaiheiden jaottelua esituotantoon, tuotantoon ja jälkituotantoon. Kolmannessa luvussa keskitytään tutkimukseen valittujen päätutkimusten tarkasteluun pelituotannon näkökulmasta. Kolmas luku on jaettu kolmeen alalukuun perustuen toisessa luvussa käsiteltyihin pelituotannon vaiheisiin. Neljäs luku keskittyy tekoälyn eettisiin ongelmiin ja niille tarjottuihin ratkaisuihin. Luvussa ongelmat on jaoteltu viiteen kategoriaan käyttäen Anujkumarsinh Donvirin ja Gaurav Sharman [7] tutkimusta jaon perustana. Viimeinen luku kokoaa tutkielman osat yhteen ja vastaa annettuihin tutkimuskysymyksiin kirjallisuuskatsauksen pohjalta.

2 Taustaa

Tutkielmassa käsitellään tekoälyä ja peliteollisuuden eri osia, joten näitä käsitteitä tarkastellaan tarkemmin tässä luvussa. Ensimmäisessä kappaleessa keskitytään tekoälyn määrittelmään ja myöhemmissä kappaleissa tarkastellaan Heather Maxwell Chandlerin tekemää jakoa videopelituotannon vaiheista [8]. Chandlerin jaon lisäksi luvun lopussa käsitellään myös Saiqa Aleemin, Luiz Fernando Capretzin ja Faheem Ahmedin jälkituotannon vaiheen määrittelmä [9].

Kolarin ja Kallion määrittelmän mukaan tekoäly on ihmisen oppimis- ja päätöksentekoprosessia mallintava ohjelmisto [10]. Tästä määrittelmästä voidaan havaita, että tekoälyn käsite on hyvin laaja. Muiden tutkijoiden antamat määrittelmät voivat auttaa rajaamaan tekoälyn käsitettä hieman enemmän. Panu Raatikainen antaa kaksi eri määrittelmää tekoälylle, joista ensimmäinen kuvaa tekoälyjärjestelmää ja toinen tieteenalaa [11]. Tässä tutkielmassa keskitymme tekoälyjärjestelmiin, joten Raatikaisen mukaan tekoälyllä voidaan tarkoittaa ”älykkyyteen kykenevää keinotekoisia konetta tai järjestelmää erotuksena ihmisen ja eläinten ilmentämästä luonnollisesta älykkyydestä” [10, s.7]. Raatikaisen määrittelmä on hieman tarkempi kuin Kolarin ja Kallion [10], mutta Kolarin ja Kallion määrittelmä kuvaa paremmin tekoälyjärjestelmien toimintaa. Jotta Raatikaisen määrittelmästä saadaan tarkempi, on itse älykkyyden määritteltävä. Merriam-Webster määrittelee älykkyyden muun muassa ”taidoksi oppia, ymmärtää tai käsitellä uusia tilanteita” (käänt. JP) sekä ”taidoksi käyttäen tietoa ympäristönsä manipuloimiseksi” (käänt. JP) [12]. Näiden määrittelmien pohjalta voidaan koota käsitys tekoälyjärjestelmistä, joita myös tässä tutkielmassa tullaan tarkastelemaan. Kerättyjen määrittelmien pohjalta voidaan muodostaa ajatus tekoälyä hyödyntävän ohjelman perustoiminnoista: ohjelman tulee pystyä oppimaan uutta, mukautumaan tilanteisiin kerätyn tiedon pohjalta sekä tekemään päätöksiä.

Chandlerin mukaan videopelituotanto voidaan jakaa neljään osaan: esituotantoon, tuotantoon, testaukseen ja jälkituotantoon [8]. Videopelituotannon esituotantovaiheessa on kolme osaa, joista ensimmäinen on pelikonseptin luonti. Esimerkiksi kysymyksestä ”Olisiko hauskaa olla supersankari ja pelastaa maailma?” voidaan muodostaa mahdollinen peli-idea, jota voidaan jatkaa miettimällä tarpeellinen peruspelimekaniikka pelille. Kun pelistä on saatu luotua prototyyppi, voidaan tehdä riskianalyysi tulevasta kehitysprosessista mahdollisten riskien minimoimiseksi. Ensimmäisen osan viimeisenä vaiheena on esittää pelin

kehityssuunnitelma pelistudion johtajille ja kustantajalle, jonka jälkeen voidaan siirtyä esituotantovaiheen toiseen osaan: pelin vaatimuksiin. [8]

Chandlerin pelin vaatimuksiin keskittyvä esituotantovaihe koostuu pelin yksityiskohtaisemmasta suunnittelusta, johon kuuluu pelin taiteen, teknisten ominaisuuksien, projektin aikataulutuksen ja eri osien dokumentoinnin huomioon ottaminen [8]. Pelin keskeisimmät osat tulevat tämän vaiheen aikana selkeiksi ja muista peleistä erottavia ominaisuuksia painotetaan. Tässä vaiheessa tulee myös ottaa huomioon mahdolliset rajoitukset. Esimerkiksi kustantajan asettaman tiukan aikataulun vuoksi peliin alustavasti suunniteltu kaksinpelitoiminto voidaan joutua poistamaan suunnitelmasta. Kun halutuista ominaisuuksista ja rajoituksista on päästy yhteisymmärrykseen suunnittelutiimissä, siirrytään luomaan erilaisia välitavoitteita pelinkehitysprosessille. Tässä vaiheessa päätetään myös, mitkä pelimekaniikat sopivat yhteen parhaiten suunnitellun pelin kanssa. Esituotannon toinen vaihe on valmis, kun pelin suunnitteluvaiheet on dokumentoitu ja suurimmat päätökset on tarkastettu sekä hyväksytty kustantajan, pelistudion johdon ja pelin markkinointipuolen toimesta. [8]

Esituotannon viimeinen vaihe on pelisuunnitelma, jossa kaikki edellä mainitut suunnitelman osat kootaan yhteen havainnollistamaan pelinkehitysprosessin eteneminen [8]. Tämän pohjalta johtajat pystyvät arvioimaan muun muassa pelin budjetin, aikataulun sekä pelisuunnittelijoiden, kehittäjien ja muun tarvittavan henkilöstön määrän. Kun tarvittavat päätökset on tehty, koottu tiimi varmistaa, että he pystyvät saavuttamaan heille annetun suunnitelman tavoitteet budjettiin ja aikatauluun sopivalla tavalla. [8]

Tuotantovaihe on myös jaettu kolmeen osaan Chandlerin kirjassa: suunnitelman toteutukseen, edistymisen seurantaan sekä työn valmistumiseen [8]. Suunnitelman toteutusvaiheessa kustantaja laittaa suunnitelman tarkasteltavaksi kaikille tiimin jäsenille esimerkiksi tiimin oman palvelimen sisäiselle alustalle. Suunnitelma sisältää esituotantovaiheen aikana luodut dokumentit ja tarkemmat aikataulut pelinkehitysprosessin eri osille. Kustantajan tulee myös pitää huolta suunnitelman muutoksista ja niiden päivittämisestä. Mikäli aikataulu lykkääntyy tai jokin pelinkehitysosa onkin työläämpää, tulee nämä muutokset ilmoittaa tiimin jäsenille, pelistudion johdolle sekä kustantajalle. Tässä osassa eri osastojen työntekijät pääsevät aloittamaan työskentelyn pelin eri osien parissa.

Suunnitelman toteutusvaiheessa eri pelintoteutuksen osastot ovat toisistaan hyvin riippuvaisia, jonka vuoksi yhden osaston työn venyminen voi vaikuttaa useamman osaston

työn etenemiseen. Tämän takia tuotantovaiheen edistymisen seuranta on oleellinen osa pelin kehitysprosessia. Seurannan voi toteuttaa hyvinkin yksinkertaisesti esimerkiksi käyttäen projektinhallintaohjelmistoa. Monimutkainen edistymisen seurannan toteutus voi johtaa siihen, että seurantaa ei tapahdu lainkaan, joten Chandlerin mukaan siitä on hyvä tehdä mahdollisimman yksinkertaista. [8]

Toteutusvaiheen viimeisessä osassa keskitytään saamaan työn eri vaiheet valmiiksi. Työn muilla osastoilla on hyvin selkeät kriteerit valmiiseen työhön, mutta ohjelmoinnin kohdalla voidaan joutua palaamaan takaisin tekemään korjauksia koodiin työn muiden vaiheiden aikana. Kuitenkin jokaisella osastolla on omat kriteerit, joiden pohjalta voidaan määrittää, milloin työn osa on valmis. [8]

Pelitestausvaihe jää tuotanto- ja jälkituotantovaiheiden väliin, sillä Chandler kokee sen kaksiosaiseksi. Ensimmäinen osa kuuluu tuotantovaiheeseen ja toinen jälkituotantovaiheeseen. [8] Alemin ym. mukaan jälkituotantovaihe pelinkehityksessä koostuu testauksesta, markkinoinnista ja mainonnasta [9], minkä vuoksi tässä tutkielmassa testaus on sisällytetty jälkituotantovaiheeseen. Chandlerin mukaan pelinkehityksen jälkituotantovaiheen voi tiivistää kahteen osaan: kokemuksesta oppimiseen ja suunnitelman saavuttamiseen [8]. Nämä ovat vaiheen tärkeitä osia, mutta myös todella laajoja käsitteitä, minkä vuoksi Aleem ym. [9] tutkimuksen tuotantovaiheiden jaottelu on myös tuotu esille ja sitä käytetään tässä tutkielmassa vaiheen tarkempana selityksenä.

3 Tekoälyn hyödyt ja haitat pelituotannon kehitysvaiheissa

Tutkielma perustuu kolmeen tutkimukseen, joita käsitellään yksityiskohtaisemmin seuraavissa alaluvuissa. Tutkimukset tarkastelevat tekoälyn tarjoamia hyötyjä sekä niiden käytöstä johtuvia haittoja videopelituotannon eri kehitysvaiheissa. Kehitysvaiheet on jaettu kolmeen osaan perustuen sekä Chandlerin kirjassa että Aleem ym. tutkimuksessa käytettyyn esituotantoon, tuotantoon ja jälkituotantoon [8], [9].

Luku 3.1 keskittyy tekoälyn käyttöön pelien suunnitteluvaiheessa ja perustuu Lankesin ja Stocklin tutkimukseen ChatGPT:n käytöstä suunnitteluprosessin apuvälineenä [1]. Luvussa 3.2 siirrytään pelinkehityksen toteutukseen, joka koostuu muun muassa ohjelmoinnista sekä tasojen ja kenttien luonnista. Luvussa 3.3 tarkastellaan tekoälyä osana muun muassa pelitestausta, pelien mainontaa, huijauksen estoa sekä pelaajien kommenttien seulomista. Luvuissa 3.2 ja 3.3 läpikäydään pääasiallisesti Ye Taon [3] ja Yini Panin [2] tutkimuksia, joissa on koottu eri tutkimusten tuloksia kattavaksi kokoelmaksi tekoälyn käytön positiivisia ja negatiivisia puolia peliteollisuudessa.

3.1 Esituotantovaihe

Pelien kehitysprosessin aikatauluvaatimukset ovat kiristyneet huomattavasti vuosien mittaan muun muassa kilpailullisen markkinatilanteen vuoksi. Pelien tuottaminen vaatii paljon työtä ja aikaa, mutta yhä useammin pyritään luomaan aina monimutkaisempien ohjelmointitekniikoiden ja korkealaatuisemman peligrafiikan avulla realistisempia pelikokemuksia. Jotta pelien laatu pystyttäisiin pitämään korkeatasoisena ja pelien kehittäjien työmäärä kohtuullisena, ovat Lankes ja Stockl tutkineet mahdollisten tekoälytyökalujen hyödyntämistä pelien suunnitteluprosessissa [1]. Tutkimuksen tarkoitus oli kartoittaa ChatGPT:n käytön mahdollisuuksia pelien suunnittelussa. Tämän arvioimiseksi Lankes ja Stockl valitsivat kolme pelisuunnittelualan asiantuntijaa, joista jokaiselle lähetettiin kolme pelisuunnitteluun keskittyvää tehtävää. Jokaisen tehtävän ratkaisemiseen annettiin 20–30 minuuttia aikaa ja niitä tehtäessä tuli käyttää apuna ChatGPT:tä. Tämän jälkeen alan asiantuntijoita haastateltiin, jotta tutkijat pystyivät saamaan paremman kuvan ChatGPT:n toimivuudesta suunnitteluprosessissa. [1] Tässä luvussa tarkastellaan asiantuntijoiden valintaa ja heille annettuja tehtäviä sekä lopuksi yksityiskohtaisemmin tutkimuksen tuloksia.

Tutkimukseen valittujen asiantuntijoiden erot heidän työkokemuksensa määrässä ja heidän erikoistumisessansa pelien suunnittelu- ja kehitysalalla tuotiin esille asiantuntijoiden

esittelyn yhteydessä. Heidän kokemuksensa kohdistuivat järjestelmien, hahmojen ohjauksen, pelien rytmityksen sekä vuoropohjaisten pelien suunnitteluun [1]. Kokeeseen valitut tehtävät koostuivat ohjeistuksesta luoda peli tai pelin osa, jonka suunnitteluun perustuviin kysymyksiin tuli vastata käyttäen apuna ChatGPT:tä. Ensimmäisessä tehtävässä ohjeistettiin asiantuntijoita etsimään tietoa vanhuksille sopivista muistia parantavista peleistä ja kohderyhmälle sopivista pelimekaniikoista. Näiden lisäksi suunniteltavan pelin muistitehtävien kestoja, toistuvuutta sekä yksin- ja moninpelimahdollisuuksia tuli harkita. Toisessa tehtävässä lähtökohdaksi oli annettu toimintaseikkailupelin tutoriaaliluonti. Tämän suunnittelemiseksi asiantuntijoita ohjeistettiin hakemaan tietoa tutoriaalitaso rakentamisen perusteista sekä sen sujuvasta integroimisesta pelin muihin tasoihin. Kolmas tehtävä keskittyi vuoropohjaisen strategiapelin aikarajaominaisuuden suunnittelemiseen. Tehtävässä ohjeistettiin etsimään tietoa peleistä, jotka ovat hyödyntäneet aikarajaa tai lähtölaskentaa, miten hyvin pelaajien mielestä nämä aikarajat ovat toimineet, sekä miten kyseisiä aikarajoja pystyttiin integroimaan peliin. [1] Annettuihin tehtäviin vastattuaan asiantuntijat kutsuttiin haastatteluun, jossa tiedusteltiin heidän ChatGPT-käyttökokemuksiaan sekä kyseisiä tehtäviä tehdessä että osana heidän omaa työelämäänsä.

Tutkimuksen tulosten tarkastelua varten haastattelut litteroitiin tekoälyä hyödyntäen työmäärän keventämiseksi [1]. Asiantuntijoiden antamat kommentit ChatGPT:n käytöstä apuvälineenä tehtävien ratkaisemisessa voidaan jakaa positiivisiin ja negatiivisiin huomioihin. Tutkimuksessa esiin tulleet positiiviset kommentit pohdiskelivat tekoälyohjelman kykyä säästää suunnittelijoiden aikaa ja energiaa muun muassa auttamalla pohjatyön rakentamisessa sekä suunnitelmien ideointi- ja viimeistelyvaiheessa. Useampi asiantuntijoista jopa myönsi saaneensa inspiraatiota omiin projekteihinsa ChatGPT:n tarjoamista ehdotuksista ja yksi ilmaisi olleensa yllättynyt siitä, että ohjelma oli onnistunut opettamaan hänelle jotakin uutta. [1]

ChatGPT:n käytön huonoiksi puoliksi asiantuntijat kommentoivat ohjelman antaneen joko liian laajoja tai yksityiskohtaisia vastauksia, jotka eivät vastanneet haluttuun kysymykseen. Ohjelmaa käyttäessä asiantuntijat raportoivat toistuvasti ChatGPT:n antamien vastausten olleen jollain tavalla puutteellisia. Esimerkiksi ohjelma saattoi antaa täysin tai osittain väärää tietoa, tai oikean tiedon saaminen vaati useampaa tarkentavaa jatkokysymystä asiantuntijoilta. Näiden lisäksi tuotiin esille ChatGPT:n kaltaisten ohjelmien kuuluminen kolmansille osapuolille, minkä vuoksi niiden liiallista käyttöä tulisi välttää. [1]

Koska asiantuntijoiden määrä oli erittäin rajattu, Lankesin ja Stocklin [1] pyrkivät tutkimukseen valittujen asiantuntijoiden työkokemuserojen avulla luomaan variaatiota. Tutkimuksen kysymystehtävät olivat kattavia ja pyrkivät saamaan kattavan kuvan ChatGPT:n hyödyistä ja haitoista. Tutkimuksessa eniten mainituksi hyödyksi nousi suunnittelijoiden ajan ja työmäärän säästäminen ohjelman avulla. Selkeimmät puutteet ChatGPT:n toiminnasta kohdistuivat siihen, että saadut vastaukset olivat joko liian yksityiskohtaisia tai liian laajoja. [1]

3.2 Tuotantovaihe

Tässä luvussa käydään läpi Panin [2] ja Taon [3] tutkimuksia, joissa on koottu tekoälyn hyötyjä ja haittoja pelinkehityksen alalla. Molemmissa tutkimuksissa tuodaan esille sekä tuotanto- että jälkituotantovaiheeseen kuuluvia tekoälyn käyttömahdollisuuksia, mutta tässä luvussa keskitytään tuotantovaiheeseen. Taon tutkimuksessa tekoälyn käytön hyödyt on jaettu viiteen osa-alueeseen, joista ei-pelattavien pelihahmojen (engl. *nonplayable characters*, NPCs) käyttäytyminen ja peligrafiikka sisältyvät tuotantovaiheeseen [3]. Pan on jakanut tekoälyä hyödyntävät pelinkehitysalueet neljään osaan, joista tarkastellaan tuotantovaiheen yhteydessä kahta: ohjelmointia ja älykästä reitinsuunnittelua (engl. *intelligent strategy*) [2]. Käsittelemättä jääviin tutkimusten osiin keskitytään luvussa 3.3. Hyötyjen lisäksi tässä luvussa tarkastellaan tekoälyn käyttöön liittyviä ongelmia, joita Tao [3] käsittelee tutkimuksessaan.

Taon tutkimuksessa ensimmäinen tekoälyä hyödyntävä pelikehityksen osa on NPC:iden käytös. Käyttäen pelaajan pelidataa hyödyntäviä tekoälyohjelmia voidaan pelikokemuksista tehdä monipuolisempia ja pelaajakohtaisia [3]. NPC:n käyttöön voidaan vaikuttaa käyttämällä luonnollisen kielen dialogiohjelmaa (engl. *natural language dialogue systems*). Yksi tätä hyödyntävä ohjelma on NVIDIA ACE, joka muodostaa NPC-dialogin pelaajan valintojen ja aikaisempien interaktioiden perusteella. Toinen Taon esittelemä NPC:n käytöstä muokkaava menetelmä on GOAP, joka vaikuttaa dialogin lisäksi NPC:n tapaan käyttäytyä ympäristönsä kanssa [3]. Esimerkiksi pelaajan hahmon tai muiden NPC:iden kasvojen ilmeiden muutokset vaikuttavat NPC:n käyttäytymiseen mm. tekemällä NPC:n pelokkaaksi tai innostuneeksi.

Toinen Taon tutkimuksessa listatuista tekoälyn hyödyistä on pelin grafiikka ja miten muun muassa NVIDIA:n DLSS:n (engl. *deep learning oversampling technology*) avulla voidaan parantaa pelin suorituskykyä. Ihmisten aivoja mallina käyttäen on luotu neuroverkot,

jotka käyttävät toimiakseen suuria määriä toisiinsa kytköksissä olevia neuroneja [13]. Neuroverkko koostuu syötekerroksesta, ulostulokerroksesta, sekä näiden välissä olevista useista piilokerroksista. Syväoppiminen hyödyntää näitä monikerroksisia neuroverkkoja toiminnassaan. DLSS:n toiminta perustuu syväoppimisen ja neuroverkkojen avulla opetettujen mallien renderöimisiin alhaisen resoluution kuviin, jotka tekoälyn avulla muutetaan korkeamman resoluution kuviin säästäten näin tallennustilaa sekä pitäen pelin suorituskyvyn tasaisena [3].

Panin tutkimuksessa ensimmäiseksi tekoälyä hyödyntäväksi pelikehityksen osaksi nimetään ohjelmointi. Tämä sisältää pelin koodauksen avustuksen lähdekoodigeneraattorilla sekä jo Taon tutkimuksessa mainitut pelin grafiikan optimoinnin ja NPC:n käytöksen ohjauksen [2]. Pan keskittyy erityisesti pelin hahmojen älylliseen käyttäytymiseen tuomalla esille tekoälymallien kuten äärellisen automaatin (engl. *finite-state machine*), vikapuuanalyysin (engl. *fault tree analysis*, FTA), vahvistusoppimisen (engl. *reinforcement learning*, RL) sekä ohjatun oppimisen hyötyjä NPC:iden käyttäytymisen ohjaamisessa [3].

Äärellinen automaatti koostuu useista eri algoritmeja tai toimintoja sisältävistä tiloista, joihin siirrytään, mikäli tietyt ehdot täyttyvät [14]. Vikapuuanalyysia käytetään peliteollisuudessa tunnistamaan mm. pelin kaatumisen syytä, ja työkalun selkeän rakenteen vuoksi kehittäjien on helppo jäljittää ongelman juuri [3]. Vahvistusoppimisen toiminta perustuu palkitsevaan ja rankaisevaan oppimismenetelmään, jonka avulla malli oppii vähitellen saamansa palautteen perusteella toimimaan halutulla tavalla [3]. Näiden lisäksi tunteiden tunnistamiseen ja mallinnukseen koulutettu tekoäly pystyy tekemään pelin hahmoista ihmismäisempiä, jolloin ne pystyvät myös reagoimaan pelaajan valintojen perusteella tapahtuviin tunteiden vaihdoksiin sopivasti [2].

Vikapuuanalyysin ja äärellisen automaatin toiminta perustuu valmiisiin kehittäjien luomiin pelin hahmon käyttäytymismalleihin. Yksi esimerkki käyttäytymisen mukautumiselle voisi olla pelokas-piirteellä kuvatus hahmon strategian perustuminen pelaajan aikaisempien valintojen ja käyttäytymisen arviointiin. Arvion pohjalta NPC voisi taistelutilanteessa perääntyä, mikäli pelaaja on tähän asti pelannut hyvin aggressiivisesti. Vaikka ohjattu oppiminen eroaa RL:stä, Pan keskittyy molempiin oppimismalleihin ja siihen, miten ne vaikuttavat pelihahmojen oppimisprosessiin [2]. Saamalla palautetta toiminnoistaan nämä oppimismallit luovat hahmojen käyttäytymisen mm. koulutusdatan ja simuloitujen pelitilanteiden pohjalta [2].

Toinen Panin tutkimuksen hyödyistä on älykäs reitinsuunnittelu, jolla viitataan pelien polkujen suunnitteluun ja siihen, miten hahmot tulevat liikkumaan alueilla, joissa mahdollisia reittejä on useampia [2]. Älykäs reitinsuunnittelu huomioi erilaiset esteet ja uhat kulkureittien varrella ja muodostaa hahmolle sen käytökseen sopivimman reitin pisteestä A pisteeseen B. Tällaista pisteiden välistä reititystä voidaan laskea A*-algoritmin avulla, joka on tutkimuksen mukaan yksi tunnetuimpia menetelmiä laskea lyhyin reitti [2]. Toinen älykkään reitinsuunnittelun käyttötarkoitus on hyödyntää valmiiksi koulutettuja tekoälymalleja ja data-analyysijä luomaan pelin vihollisten hyökkäysstrategioista paremmin pelaajan taistelutyyliin mukautuvia [2]. Näiden tekoälyn tarjoamien älykkäiden strategioiden avulla pelin hahmojen liikkeistä tulee luontevampia ja pelaajan omaan taitotasoon mukautuvia [2].

Tao käsittelee tutkimuksessaan myös tekoälyohjelmien huonoja puolia, joihin hän listaa yksityisyyden suojan puutteen, tekoälyn algoritmien huonon läpinäkyvyyden ja reiluusongelmat [3]. Jotkin tekoälyohjelmat voivat vaatia pääsyn pelaajan dataan voidakseen toimia ja parantaa pelaajan pelikokemusta. Tämä voi luoda kuitenkin ongelman, jossa joidenkin tekoälyä hyväksikäyttävien ohjelmien toimivuuden vuoksi on käyttäjien yksityisyydensuojasta tingitty. Tämä näkyy myös jo esille tuodun NPC-käyttäytymisen ohjelmoimisen yhteydessä, jossa käyttäjän datan kerääminen on tärkeä osa pelaajan pelikokemuksen parantamista. Taon mukaan ratkaisuna tähän ongelmaan alan yritykset ovat pyrkineet parantamaan turvallisuustoimiaan käyttäjien datan turvaamiseksi, mutta tämä ei takaa sitä, etteikö tietovuotoja tapahtuisi [3].

Tekoälyn algoritmien huonolla läpinäkyvyydellä voidaan viitata myös mustan laatikon ongelmaan [3]. Mustan laatikon ongelmalla tarkoitetaan koneoppimista hyödyntävien ohjelmien algoritmien toiminnan tuntemattomuutta [15]. Ongelman ytimenä on kysymys siitä, riittääkö algoritmin relatiivinen toimivuus sen hyväksymiseksi osana tekoälyohjelmia vai tulisiko sen tarkka toiminta tietää ennen kuin sitä voidaan käyttää hyödyksi. Tekoälyalgoritmien huono läpinäkyvyys vaikeuttaa myös pelinkehittäjien työtä mahdollisen ongelman ilmestyessä, koska ongelman lähdettä voi olla lähes mahdotonta selvittää. [3]

Tao listaa viimeisenä tekoälyohjelmien mahdollisista ongelmista reiluusongelmat [3]. Näillä hän viittaa tekoälyn algoritmin tekemien päätösten eettisyyteen. Koska emme voi tietää miten algoritmi on esimerkiksi päätnyt vaikuttamaan tietyn pelaajan NPC:iden käyttäytymiseen eri tavalla kuin toisen pelaajan, on vaikeaa yrittää perustella, etteivät nämä tekoälyn tekemät ratkaisut ole pelaajaan jollain tavalla kohdistuvan syrjinnän seurausta. [3]

Pelinkkehityksen tuotantovaiheen tekoälyohjelmien käyttö voi avustaa pelinkehittäjiä eri pelin osien työstämisessä. Taon [3] ja Panin [2] tutkimuksissa tekoälyä hyödynnettiin vaikuttamalla NPC:iden käytökseen, pelin grafiikan optimointiin sekä älykkääseen reitinsuunnitteluun. Tarkastelemalla tekoälyn hyötyjä on tuotu esille myös niiden ongelmakohtia Taon tutkimusta pohjana käyttäen. Mainittuja tekoälyn haittapuolia on kolme: yksityisyyden suojan puute, tekoälyn algoritmien huono läpinäkyvyys ja reiluusongelmat, joita tarkasteltiin luvussa lyhyesti.

3.3 Jälkituotantovaihe

Tässä luvussa tarkastellaan pelikehityksen viimeisiä osia ja miten niissä voidaan hyödyntää tekoälyä. Taon tutkimuksessa listatuista tekoälyn käytön hyödyistä tarkastellaan pelin automaattista testausta, huijaamisen estoa ja tekstianalyysia [3]. Panin tutkimuksessa käsitellyistä hyödyistä tarkastellaan pelitestausta ja pelin mainostusta [2]. Näiden lisäksi pelin päivitysten työstämisessä voidaan käyttää hyväksi myös tuotantovaiheessa mainittuja tekoälyohjelmia. Tekoälyn käytön hyötyjen lisäksi tarkastellaan tekoälyohjelmien aiheuttamia ongelmia pelinkehityksessä Panin tutkimusta pohjana käyttäen.

Pan ja Tao käsittelevät tutkimuksissansa yhtenä tekoälyn käytöstä hyötyvänä pelikehityksen osa-alueena pelitestausta. Pan tuo esille pelitestauksen työlään prosessin ja tekoälyn huomattavan hyödyn muun muassa pelitestaukseen koulutettujen työntekijöiden vähäisen määrän ollessa ongelma sekä tapauksissa, joissa erikoistuneiden testien ajaminen on hankalaa esim. rahallisista syistä [2]. Tao keskittyy erityisesti pelitestauksen automatisointiin tekoälyn avulla erilaisten vikojen löytämiseksi ja niiden korjaamiseksi [3]. Tähän tekstissä mainitaan käytettävän vikapuuanalyysia, vahvistusoppimista tai näiden yhdistelmää pelien vikojen seulomiseksi. Tällöin pelinkehittäjien työskentely voi helpottua muun muassa säästämällä aikaa testausvaiheen koehenkilöiden etsimisessä sekä luomalla mahdollisuuden joustavalle testaukselle [16]. Vikapuuanalyysia käytetään peliteollisuudessa tunnistamaan muun muassa pelin kaatumisen syitä, ja työkalun selkeän rakenteen vuoksi kehittäjien on helppo jäljittää ongelman juuri [3]. Vahvistusoppiminen käyttää hyväksi vanhaa tietoa opettaakseen algoritmilte oikeaa toimintatapaa. [3]

Seuraava Taon käsittelemistä tekoälyn hyödyistä on huijaamisen estäminen, jota pystytään havaitsemaan tutkimalla pelaajien käyttäytymistä pelissä tai analysoimalla pelidataa. Tunnetuimpia huijauksenesto-ohjelmia ovat Taon mainitsemat *ValveAntiCheat* (VACnet) [17], sekä Tencentin *Anti Cheat Expert* (ACE) [18], joista jälkimmäisen toiminta

perustuu pelaajien datan analysointiin löytääkseen epänormaaleja toimintatapoja [3]. VACnetin tarkoitus on löytää pelin *Counter Strike: Global Offence* [19] pelaajien joukosta kiellettyä tähtäyksen apuohjelman (engl. *aimbot*) käyttöä hyödyntämällä syväoppimista ja konvoluutioneuroverkkoja toiminnassaan [3]. Konvoluutioneuroverkot eroavat muista neuroverkkoarkkitehtuureista siinä, että niiden neuroneilla on omat opittavat painot ja vakiot, jotka auttavat tunnistamaan samaa tehtävää suorittavat neuronit eripuolilla syötettä [20], [21]. Konvoluutioneuroverkkoja käytetään perinteisesti kuvantunnistuksen työkaluna.

Viimeisenä hyötynä Pan on maininnut tekoälyn käytön pelien mainonnassa [2]. Tämä on varmasti jokapäiväisessä elämässä näkyvin tapa käyttää tekoälyä hyväksi, sillä datan keruun ja koneoppimisen algoritmien avulla voidaan löytää ja syöttää esim. internetin käyttäjille heidän hakujensa perusteella muokattuja mainoksia [2]. Tutkimuksen mukaan pelien mainostamisessa otetaan huomioon “käyttäjien pelihistoria, pelien pelaamiseen käytetty aika sekä pelaajien sosiaaliset suhteet” [3, s.572] ja näiden tietojen perusteella tekoäly pystyy suosittelemaan käyttäjälle sopivia pelejä. Näitä samoja tekoälymalleja voidaan käyttää myös pelien asetusten intuitiiviseen säätämiseen. Oppimalla käyttäjän aikaisempien pelattujen pelien asetuksista voidaan optimoida käyttäjälle sopivat säädöt [2].

Viimeinen Taon tutkimuksessa mainituista tekoälyn hyödyistä on tekstianalyysi ja erityisesti luonnollisen kielen käsittelyjärjestelmä (engl. *natural language processing*, NLP), jota voidaan käyttää muun muassa pelaajien palautteiden ja pelin sisäisten keskustelujen analysoimisessa [3]. Luonnollisen kielen käsittelyjärjestelmän avulla voidaan pelaajien palautteita jaotella esim. negatiivisiin, neutraaleihin ja positiivisiin kommentteihin, joiden pohjalta pelinkehittäjät pystyvät paremmin keskittymään pelin eri osien korjaamiseen tai parantamiseen.

Pan tarkastelee tutkimuksessaan myös tekoälyn kolmea negatiivista puolta, jotka ovat joustamaton käytös, lailliset ja eettiset huolet sekä tunteiden ja luovuuden puute. Joustamatonta käytöstä voidaan havainnollistaa muun muassa vahvistusoppimisen avulla [3]. Tekoälyn joustamattomalla käytöksellä Pan tarkoittaa tekoälyn keräämän tiedon ja siitä muodostettujen päätösten olevan jo valmiiksi olemassa olevaa tietoa, jolla on omat rajansa toimintamahdollisuuksissaan [2]. Tällöin tekoälyn toiminta perustuu parhaisiin tuloksiin, ja joissakin asioissa tästä syystä voi sen toiminnasta jäädä pois ihmismäisyys.

Tekoälyn eettisiä ongelmia sivuttiin hieman jo reiluusongelmia tarkasteltaessa, mutta Pan nostaa esiin syrjivien tekoälymallien toimintojen ohella myös tekoälyn avulla kerätyn

datan tekijänoikeuskysymykset sekä mahdollisten autonomisten tekoälymallien toiminnan vastuukysymyksen [2]. Myös huijausohjelmien estämisessä tekoälyohjelma vaatii pelaajan tiedon keräämistä ja käyttämistä pelin käyttäjää vastaan, mikä voi aiheuttaa laillisia tai eettisiä huolia peliyritykselle. Viimeinen tekoälyohjelmien huono puoli on osittain jo yhteydessä joustamattomuuteen, sillä se on vailla todellisia ihmismäisiä tunteita ja luovuutta [2]. Pan kutsuu tekoälyn versiota luovuudesta pseudo-luovuudeksi, ihmisen ja tekoälyn luomisprosessien eron sekä ihmisten luovuuden piirteiden puuttumisen vuoksi [2].

Tekoälyn käyttö pelinkehityksen jälkituotannossa hyödyttää muun muassa pelitestausta, huijauksen estämistä, pelin mainontaa sekä tekstianalyysia. Tekoälyn huonoja puolia tuodaan esille Panin tutkimuksen lopussa lyhyesti. Joustamaton käytös, lailliset ja eettiset huolet sekä tunteiden ja luovuuden puute ovat tutkimuksen mukaan suurimmat ongelmat erilaisia tekoälymalleja hyödynnettäessä pelien kehityksessä [2].

4 Tekoälyn ongelmat ja niille ehdotetut ratkaisut

Donvir ja Sharma käsittelevät tutkimuksessaan tekoälyn eettisiä haasteita ja ovat jakaneet nämä mahdolliset ongelmat ja niille ehdotetut ratkaisut viiteen osaan:

1. puolueellisuus- ja reiluusongelmat,
2. läpinäkyvyys ja vastuullisuus,
3. tietoturvallisuus ja yksityisyys,
4. vastuuvollisuus ja syyntakeisuus, sekä
5. epäeettinen tekoälyn käyttö yhteiskunnassa ja yrityksissä [7].

Käyttäen Donvirin ja Sharman tutkimuksen tekoälyn ongelmien jakoa pohjana [7], tässä luvussa käsitellään tarkemmin Taon, Panin sekä Lankesin ja Stocklin tutkimuksissa esiteltyjä tekoälyn haittoja [3], [2], [1].

Donvirin ja Sharman tutkimuksessa puolueellisuus- ja reiluusongelmat tekoälyalgoritmien toiminnassa voidaan jäljittää ohjelman koulutusdataan [7]. Käytetyn koulutusdatan laatu on voinut olla valmiiksi huono tai datan kerääjän valitsemit datankeruukriteerit ovat tahallisesti tai tahattomasti luoneet ennakoasenteen joitakin ihmisjoukkoja kohtaan. Tao tuo esiin tutkimuksessaan reiluusongelmat ja myös hän painottaa koulutusdatan merkitystä tekoälyä hyödyntävien algoritmien toimivuudessa [3]. Lankesin ja Stocklin tutkimuksessa mainitun ChatGPT-ohjelman tapaisen avustusohjelman käyttö pelin suunnittelussa voisi vaikuttaa negatiivisesti pelin kehitykseen [1]. Esimerkiksi yritys voisi haluta välttää toisen yrityksen osallisuuden heidän suunnitteluprosessissansa ja päättää luoda oman tekoälyohjelman avustamaan työntekijöitään pelien suunnittelussa. Mikäli kuitenkin valittua koulutusdataa ei olisi tarkastettu tarpeeksi huolellisesti, ohjelma voisi alkaa esittää odottamattomia ennakoasenteita ehdotuksissaan peli-ideoista. Mikäli nämä ohjelman tuottamat ideat eivät heti vaikuttaisi vahingollisilta ja yritys päätyisi niitä hyödyntämään, voisi viimeistään pelin julkaisun jälkeen yritys saada kritiikkiä mahdollisesti hyvinkin ongelmallisen pelinsä vuoksi. Tämän lisäksi pelin ideat voisivat pahimmassa tapauksessa levittää haitallisia ennakoasenteita esimerkiksi vähemmistöistä, mikä voisi lisätä heihin kohdistuvaa negatiivista kohtelua.

David Leslien mukaan reiluusongelmien vähentämiseksi on tekoälyä hyödyntävien algoritmien koulutusdatan kerääminen, kokoaminen ja seulonta oltava vastuullista [22, s.14]. Koulutusdatan tulisi olla monipuolista, mutta jättää ihmisiä identifioivia tietoja pois, jotta algoritmi ei alkaisi suoraan jaotella niiden avulla tietoa. Kuitenkin myös liian pienen tai homogeenisen datan käyttö voi johtaa tekoälyohjelman vaikeuksiin suorittaa annettua tehtävää, jos käyttäjä ei ole koulutusdatan pohjalta muodostettujen normien kanssa yhteensopiva. Esimerkiksi Buolamwinin ja Gebrun tarkastelema kasvontunnistusohjelma, joka on koulutettu käyttäen vain valkoihoisten miesten kuvia, ei toimisi luotettavasti tummaihoisen naisen käyttäessä sitä [23]. Liian pieni koulutusdata voi aiheuttaa myös ongelmia tekoälyohjelman toiminnassa. Esimerkiksi Lankesin ja Stocklin tutkimuksessa mainittiin ChatGPT:n vastaavan vajavaisesti sille esitettyihin kysymyksiin [1]. Tutkimuksessa asiantuntijat pyrkivät tarkentamaan kysymyksiään, jotta ohjelma vastaisi kysymykseen kattavasti, mutta tämäkään ei aina toiminut [1]. Mahdollinen ratkaisu ongelmalle olisi paremman tai laajemman koulutusdatan kerääminen.

M. Taufik Akbar ym. käsittelevät tutkimuksessaan kasvontunnistusohjelman käyttöä pelin vaikeustason säätelmissä, jolloin pelaajan ilmeiden perusteella tekoälyohjelma säätää pelin vaikeustasoa sopivammaksi pelaajalle [24]. Tutkimuksessa käytettiin seitsemää muuttujaa, joiden avulla tarkasteltiin pelaajien pelikokemuksia. Nämä muuttujat olivat pätevyys, aistinvarainen ja mielikuvituksellinen immersio, pelin rytmitys, jännitys, haasteellisuus, sekä positiivinen ja negatiivinen vaikutus. Tutkimuksen tuloksien mukaan viidessä seitsemästä muuttujasta pelaajat hyötyivät tästä vaikeustason dynaamisesta tasapainotuksesta [24]. Vain pätevyyden ja negatiivisen vaikutuksen muuttujien kohdalla koe- ja kontrolliryhmien väliset tuloserot eivät olleet tarpeeksi suuria ollakseen merkittäviä [24]. Donvirin ja Sharman tutkimuksessa ratkaisu puolueellisuus- ja reiluusongelmille on monipuolisen tietoaaineiston kerääminen ja algoritmien reiluuden jatkuva monitoroiminen [7]. Tämä ei ole pettämätön ratkaisu, mutta se vähentää riskiä algoritmin puolueellisuudesta.

Toinen Donvirin ja Sharman eettisistä haasteista käsittelee läpinäkyvyyttä ja vastuun kantamista sekä sitä, kuinka edes alan ammattilaiset eivät osaa täysin selittää tekoälyn toimintaa [7]. Tämä haaste tuodaan esille myös Taon tutkimuksessa [3], jossa mustan laatikon ongelma ja sen aiheuttama epävarmuus sivuavat myös algoritmien puolueellisuus- ja reiluusongelmaa [3]. Kun ohjelman toimintaa eivät osaa selittää täysin edes algoritmin luojat, kuka on vastuussa ohjelman virheellisestä toiminnasta? Tekoälyohjelmien huonon läpinäkyvyyden ongelmaan on luotu mahdollisia ratkaisuja, joita tuo esille Leslie oppaassaan

tekoölyn vastuullisesta toimeenpanosta julkisella sektorilla [22]. Näiden ratkaisujen avulla pystytään paremmin arvioimaan myös kuka kantaa vastuun ohjelmien toiminnasta. Leslie jaottelee mustan laatikon ongelman mahdolliset ratkaisut neljään osaan: 1. algoritmin sisäisen toiminnan selitykseen, 2. ulkoisen toiminnan selitykseen tai tuloksen selitykseen, 3. täydentävään infrastruktuuriin algoritmin sisällä, sekä 4. kontrafaktuaaliseen selitykseen [22].

Ensimmäisen ratkaisun ideana on pyrkiä selittämään ohjelman sisäistä toimintaa joko kokonaisuutena tai osina. Leslien toinen ratkaisu keskittyy ohjelman ulkoisen toiminnan selittämiseen tarkastelemalla ohjelman toimintaa sen antamien tulosten avulla [22]. Ohjelman toimintaa voidaan selittää esimerkiksi testaamalla tekoälyohjelman tulosteiden herkkyyttä ohjelman saamien syötteiden häiriöille tai tutkimalla ohjelman sisäisiä käyttäytymisominaisuuksia [22]. Kolmantena ratkaisuna Leslie listaa täydentävän infrastruktuurin algoritmin sisällä [22]. Tämän tarkoituksena on selittää algoritmin toimintaa aktiivisesti ohjelman toimiessa. Ratkaisu vaatii jo alkuperäisen tekoälyohjelman tekijää luomaan ohjelman toimintaa selittäviä toimintoja ohjelmaansa. Viimeinen ratkaisusta on kontrafaktuaalinen selitys, jonka Leslie mainitsee olevan hyvin samanlainen kuin hänen toinen ratkaisustaan [22]. Kuitenkin erona ulkoisen toiminnan selitykselle on sen hyödyllisyys sidosryhmille, sillä luodun selitysohjelman tulisi pystyä selittämään tarkasti mitkä alkuperäisen ohjelman syötteet tarvitsevat muokkausta, jotta ohjelman antamat tulokset olisivat kaikista suotuisimpia heille tai heidän tarpeisiinsa sopivia [22].

Tekoälyä koskevan mustan laatikon ongelman osalta on edellä mainittujen ratkaisujen avulla pyritty ymmärtämään monimutkaisten tekoälyohjelmien toimintaa. Jotta luottamus tekoälyohjelman kehittäjien ja käyttäjien välillä voitaisiin luoda, täytyy ohjelman toiminta olla jotenkin selitettävissä [15]. Mahdollinen ratkaisu kompleksien tekoälyohjelmien läpinäkyvyysongelmaan ja vastuun ottamiseen ohjelman toiminnasta on pyrkiä selittämään ohjelman sisäistä tai ulkoista toimintaa jälkikäteen tai tehdä jo ohjelman luonnin aikana sen toimintaa selittävä lisärakenne [22]. Donvir ja Sharma tarjoavat ongelmalle ratkaisuksi tekoälymallien tekemisen ymmärrettäviksi myös maallikoille muun muassa jakamalla tekoälymallien koulutusdatan tiedot julkisesti [7]. Tämän lisäksi Leslien mustan laatikon ongelmaan tarjottujen ratkaisujen avulla olisi mahdollista selittää tekoäly mallien toimintaa [22].

Donvirin ja Sharman kolmas eettinen haaste käsittelee tietoturvaa ja yksityisyyttä, jota hieman sivuttiin jo aikaisemmissa kappaleissa [7]. Myös Tao tuo esiin

yksityisyyden suojan puutteen ongelman tutkimuksessaan [3]. Donvir ja Sharma tuovat esille korkean tietoturvan tarpeen arkaluontoisia tietoja käyttävien tekoälyohjelmien joutuessa kyberhyökkäysten kohteeksi [7]. Pelien tuotannossa tämäntyyppistä arkaluontoista tietoa voisi olla esimerkiksi pelaajan kirjautumistunnukset ja salasanat. Mikäli hyökkäyksen kohteeksi joutunut peli sisältäisi tekoälyohjelman, joka keräisi pelaajasta tietoa heidän pelitallessaan tekemiensä valintojen perusteella, voisi myös näiden tietojen leviäminen olla erittäin haitallista. Riippuen tekoälyn luoman profiilin tarkkuudesta, voisi olla mahdollista käyttää pelaajan tietoja hyödyksi muun muassa kohdennetussa mainonnassa. Tämän lisäksi Lankesin ja Stocklin tutkimuksessa käytetyn ChatGPT:n kaltaisten apuohjelmien käytön antama yksityisyys ei aina ole mitä toivotaan [1]. Koska ChatGPT on kolmannen osapuolen tekemä ja hallinnoima ohjelma, olisi sen käyttö turvallisuusriski pelituotannon yritykselle. Tämän välttämiseksi olisi yhtenä ratkaisuna peliyrityksen kehitettävä oma yrityksen sisäiseen käyttöön tarkoitettu keskustelubotti, jota hyödynnettäisiin suunnitteluprosessin osana.

Mikäli pelin hyödyntämällä tekoälyohjelmalla on annettu oikeus päästä käsiksi pelaajan muihin tietoihin hänen tietokoneellansa, voisi tietoturvariski olla vielä suurempi. Esimerkiksi *Virus: The Game* [25] käyttää pelaajan koneelta löytyviä kansioita ja kuvatiedostoja muodostaessaan pelaajalle tasoja ja *The Watson-Scott Test* -peli [26] etsii pelaajan IP-osoitteen ja käyttää sitä pelin testissä. Mikäli pelaajan kuvatiedostot päätyisivät osaksi kerättyä dataa, voitaisiin niitä käyttää esimerkiksi mainonnassa, mutta pahimmassa tapauksessa niitä voitaisiin käyttää pelaajan kiristämiseen. Edellä mainitut esimerkit ovat ääritapauksia, mutta ne tuovat hyvin esille suurimmat uhat, mitä tietoturvuudot ja huonosti suunniteltu yksityisyydensuoja pelin tekoälyohjelmilla voi olla. Donvirin ja Sharman tutkimuksen mukaan näitä riskejä voidaan vähentää pelinkehittäjien seuraamalla tietosuojalakeja [7], esimerkiksi EU:n sisällä yleistä tietosuojalakea [27] tai Suomessa sen lisäksi tietosuojalakea [28]. Tutkimuksessa tarjotaan ratkaisuksi myös arkaluontoisten tietojen muuntamista eri muotoon, jotta niiden tulkitseminen olisi hankalampaa. Tämän lisäksi kehittäjien tulisi antaa käyttäjille mahdollisuus hallita heidän oman datansa käyttöä [7].

Neljäs eettinen haaste Donvirin ja Sharman tutkimuksessa on vastuuvollisuus ja syyntakeisuus [7]. Vastuuvollisuutta käsiteltiin jo tekoälyn musta laatikko -ongelman yhteydessä, mutta laajemmin katsottuna on vastuu tekoälyohjelman toiminnasta lain edessä tuotava esille. Tekoälyohjelmien väärinkäyttö voi johtaa oikeustapaukseen, jossa vastuunkysymys tekoälyn toiminnasta mitä todennäköisimmin tuodaan esille. Onko vastuu

ohjelman virheellisestä toiminnasta pelin kehittäjällä, tekoälyohjelman kehittäjällä vai käyttäjällä? Pelin kehittämä yritys voisi pyrkiä vierittämään syyn tekoälyohjelman kehittäjälle perustelemalla ohjelman toiminnan olevan mysteerinä. Toisaalta pelinkehittäjä voisi kertoa lisänneensä pelin käyttöehtoihin, että pelaajan tietoihin annetaan ohjelmalle lupa päästä ja käyttää miten on tarve. Vuorostaan tekoälyohjelman kehittäjä voisi perustella ohjelman toiminnan olevan epäselvä jopa hänelle. Tekoälyohjelmien läpinäkymättömyyden vuoksi vastuun ottaminen ohjelman toiminnasta voi olla helpommin vältettävissä.

Tämä nostaa esiin kysymyksen, kenellä on vastuuvelvollisuus ohjelman keräämän tiedon päätyemisestä väriin käsiin? Donvirin ja Sharman ratkaisu vastuun ottamisen ongelmaan on ”asettaa rajat, joiden avulla ylläpidetään kontrollia ja eettisistä tekoäly-ympäristöä ohjelmistokehityksessä” (käänt. JP) [7]. Heidän tutkimuksensa mukaan vastuu on kaikilla, jotka ovat olleet osana kehitysprosessia [7], eli esimerkkitapauksessa tähän kuuluisivat sekä pelin että tekoälyohjelman kehittäjät.

Viimeinen Donvirin ja Sharman eettisistä haasteista on epäeettinen tekoälyn käyttö yhteiskunnassa ja yrityksissä [7]. Yritykset voivat kärsiä hyödyntämänsä tekoälyohjelman virheellisestä toiminnasta menettämällä maineensa, asiakkaansa ja brändinsä maineen [7]. Donvirin ja Sharman ratkaisu tähän ongelmaan on lakien tarkka seuraaminen ja noudattaminen, sekä tekoälyohjelman toiminnan seuraaminen puolueellisten, virheellisten tai selittämättömien tulosten varalta [7]. Heidän mukaansa myös seurannan lisäksi tulisi yrityksiä sisällä ylläpitää eettisen vastuunottamisen ilmapiiriä, mikä helpottaisi jo kehitysvaiheessa työntekijöitä raportoimaan mahdollisista ohjelman tuottamista eettisesti kyseenalaisista tuloksista [7].

Donvirin ja Sharman tarjoamat ratkaisut epäeettiseen tekoälyn käyttöön kiteytyvät siihen, että vastuu mahdollisten virheiden seurannasta siirretään muille ihmisille. Lakien seuraamisen tukena olisi tarkastajia, jotka säätelisivät yritysten tekoälykäyttöä tasaisin väliajoin. Kuitenkin Donvirin ja Sharman [7] ratkaisut nojaavat muuten vahvasti yrityksen omaan sisäiseen tekoälyn epäeettisen toiminnan valvontaan. Yrityksen sisäisen vastuunoton ilmapiirin ratkaisussa on ongelmana, että sen valvontaan ei ole annettu tarkkoja rajoja, minkä vuoksi sen toteutus voi jäädä vajavaiseksi. Tähän tulisi luoda tarkka suunnitelma siitä, miten tämäntyyppistä ilmapiiriä voisi yrityksen sisällä kasvattaa. Suunnitelma tulisi myös toteuttaa osana työntekijöiden koulutusta. Tämä on hyvin optimistinen lähestymistapa ongelman ratkaisemiseksi, mutta todellisuudessa se voisi olla hyvin vaikea toteuttaa onnistuneesti.

Tekoälyn käyttö on yrityksen maineen näkökulmasta hyvin riskialtista. Tekoälyohjelmien aiheuttamat mahdolliset haitat olisivat pahimmassa tapauksessa yrityksen ajautuminen konkurssiin tai yhteiskunnan tasolla jopa ihmisten luottamuksen tuhoutuminen.

Onkin aiheellista pohtia, onko kannattavaa käyttää tekoälyä peliteollisuudessa, jos sen haittapuolet ovat mittavampia sen mahdollisiin hyötyihin verrattuna. Yrityksen näkökulmasta tekoälyn käyttö pelien kehityksessä on erittäin kannattavaa, mikäli virheiden määrä pystytään minimalisoimaan. Koska koneoppimismenetelmien käyttämien hermoverkkojen tulosteiden arviointi on erittäin epätarkkaa, kasvattaa tämä tekoälyn käytön riskiä myös peliyrityksille. Peliyritykset ovat vastuussa peliensä hyödyntämistä mahdollisesti ongelmallisista tekoälyistä, minkä vuoksi riskien minimointi Donverin ja Sharman [7] tarjoamilla ratkaisulla olisi paras tapa lähestyä tekoälyohjelmien kehitystä. Nämä ratkaisut vähentävät tekoälyn käyttöönottamisen riskiä peliyrityksille, mutta ne eivät takaa tekoälyohjelman virheetöntä toimintaa.

Tekoälyn eettisten ongelmien lisäksi Pan tuo esille tutkimuksessaan tekoälyn joustamattoman käytöksen sekä tunteiden ja luovuuden puutteen [2]. Tekoälyn joustamattoman käytöksen ongelman yhtenä ratkaisuna voisi pitää koulutusdatan määrän kasvattamista, mikä voisi parantaa tekoälypohjaisen ohjelman toimintaa. Kuitenkin Panin tutkimuksen mukaan tekoälyn joustamattoman käytöksen suurin haaste on siinä, että ohjelma ei pysty tekemään loogisia harppauksia ongelmien ratkaisemiseksi [2]. Se perustaa toimintansa jo olemassa olevaan tietoon, jonka se on oppinut koulutusdatasta [2]. Panin mukaan tekoäly hyödyntää toiminnassaan ennalta määrättyä toimintalogiikkaa [2], joten ainoa tapa pyrkiä ratkaisemaan joustamattomuuden ongelmaa olisi lisädatan kerääminen.

Tunteiden ja luovuuden puutteen ongelmaa on erittäin hankalaa ratkaista, sillä taiteessa esiintyvien luovuuden ja tunteiden objektiivinen mittaaminen voi olla hankalaa. Kuitenkin taiteen herättämiä tunteita on tutkittu esimerkiksi Yisi Xuen tutkimuksessa muun muassa kyselyiden avulla, silmän pupillien käyttäytymistä tarkastelemalla, sekä ihmisten sydämen sykettä, verenpainetta ja hengitystä mittaamalla [29]. Näitä samoja metodeja olisi mahdollista käyttää myös tekoälyn luoman taiteen arvioimisessa. Tämä saattaisi kuitenkin nostattaa esiin kysymyksen siitä, onko tekoälyn luomaa taidetta kohtaan ihmisillä ennakoasenteita? Ujué Agudon, Miren Arresen, Karlos G. Liberalin ja Helena Matuten tutkimuksessa pyydettiin koehenkilöitä vastaamaan kyselyyn, jonka perusteella he arvioivat näkemänsä taiteen herättämiä tunteita [30]. Tutkimuksessa arvioitiin myös sitä, eroavatko kyselyn vastaukset, mikäli koehenkilöille kerrotaan, onko taide tekoälyn vai ihmisen luomaa

[30]. Tutkimuksessa tuli esille, että koehenkilöiden tietäessä tekijän olevan ihminen he arvoivat taiteen tunteellisuuden korkeammaksi [30]. Kuitenkin tilanteessa, jossa koehenkilöille annettiin väärää tietoa taiteen tekijästä tuli esille, että koehenkilöt arvioivat tekoälyn luoman taiteen herättävän vähemmän tunteita, vaikka sen olisi oikeasti tehnyt ihminen [30].

Agudon ym. toi esiin ihmisten ennakoasenteen tekoälyn luomaa taidetta vastaan [30]. Ihmisten negatiivinen asenne tekoälyn luomaa taidetta kohtaan perustuu pelkoon taiteilijoiden töiden korvaamisesta tekoälyllä. Tämä pelko ei ole perusteeton, sillä käyttämällä hyödyksi tekoälyä esimerkiksi pelin hahmojen suunnittelussa ja luonnissa on mahdollista säästää yhdestä pelin kehittämisen osista. Tekoälytaiteen käyttäminen on eettisesti kyseenalaista, sillä tekoälyn kouluttamisessa on käytetty hyväksi ihmisten luomaa taidetta ja sen avulla viedään taiteilijoilta töitä. Tekoälyn tunteen ja luovuuden puutteen ongelmalle ei välttämättä ole mahdollista luoda ratkaisua, mutta tekoälyn tuottaman taiteen laatua on kuitenkin mahdollista parantaa. Laadun parantamisen ratkaisuna olisi myös sama perusta kuin joustamattoman käytöksen ongelmassa. Tekoäly käyttää jo olemassa olevaa taidetta luodakseen uutta, jonka vuoksi tässäkin ongelmassa koulutusdatan määrää lisäämällä voidaan saada parannettua tekoälyn luoman taiteen laatua. Tämä on lähin mahdollinen lähestymistapa tekoälyn luovuuden ja tunteiden puutteen ongelmaan.

Peliteollisuudessa tekoälyn haittoja on kyetty minimoimaan. Tämän vuoksi muun muassa Panin [2], Taon [3] ja Lankesin ja Stocklin [1] tutkimuksissa luetellut tekoälyn hyödyt ovat olleet kannattavia syitä ottaa tekoäly osaksi peliteollisuutta. Tarkastelemalla Panin [2], Taon [3] ja Lankesin ja Stocklin [1] tutkimusten listaamia tekoälyn haittoja Donvirin ja Sharman eettisten haasteiden näkökulmasta, oli mahdollista tarjota ratkaisuja tässä tutkielmassa esitettyihin suurimpiin tekoälyn ongelmiin.

5 Yhteenveto

Johdannossa esiteltiin kirjallisuuskatsauksen tutkimuskysymykset, joihin vastataan seuraavissa kappaleissa. Tämän ohella tarkastellaan tutkielman hypoteesin toteutumista, miten tutkielman tekeminen onnistui, sekä miten käsitellyn aiheen tutkimista voisi vielä jatkaa tulevaisuudessa. Vastaus ensimmäiseen tutkimuskysymykseen, ”Missä pelituotannon vaiheissa voidaan hyödyntää tekoälytyökaluja?”, saatiin tarkastelemalla Chandlerin [8] sekä Aleemin ym. [9] tutkimuksia. Heidän tutkimuksissaan jaettiin pelituotannon vaiheet esituotantoon, tuotantoon ja jälkituotantoon. Näistä jokaisessa oli mahdollista käyttää erilaisia tekoälytyökaluja hyödyksi.

Esituotantovaiheessa tekoälyä voitiin hyödyntää osana suunnittelua Lankesin ja Stocklin tutkimuksessa esitetyllä tavalla hyödyntäen ChatGPT:n kaltaisia virtuaaliavustajia suunnitteluprosessin tukena [1]. Tuotantovaiheessa tekoälyä käytettiin ohjaamaan NPC:iden käytöstä eri tavoin ja sen avulla optimoitiin pelin grafiikkaa. NPC:iden käytöksen ohjaamisessa voitiin käyttää älykästä reitinsuunnittelua ja hahmojen dialogin luomisessa oli mahdollista hyödyntää vikapuuanalyysia ja vahvistusoppimista. Näiden avulla sekä hahmojen väliset että pelaajan ja hahmojen väliset keskustelut mukautuivat uusiin tilanteisiin ja skenaarioihin tuomalla näin jokaiseen pelikertaan jotain uutta koettavaa.

Jälkituotantovaiheen aikana pelien automaattisessa testauksessa, huijaamisen estämisessä, tekstianalyysissa ja mainonnassa hyödynnettiin erilaisia tekoälyohjelmia. Automaattisen testauksen avulla pystyttiin vähentämään kehittäjien työmäärää, jolloin he pystyivät keskittymään pelikehityksen muihin osiin. Myös tässä hyödynnettiin vikapuuanalyysia ja vahvistusoppimista. Huijauksenesto-ohjelmissa oli käytetty muun muassa syväoppimista ja konvoluutioneuroverkkoja sekä pelaajan datan analysointia. Näiden avulla ohjelmat pystyivät havaitsemaan pelaajan toiminnasta löytyviä mahdollisia vilpillisiä poikkeavuuksia. Tekoälyä hyödynnettiin tekstianalyysissa pelien julkaisun jälkeisten kommenttien sekä pelin sisäisten keskustelujen analysoimisessa. Näin pelien saaman palautteen perusteella oli pelinkehittäjien mahdollista parantaa pelien toimintaa. Mainonnassa tekoälyohjelmia oli mahdollista käyttää suosittelemaan pelejä virtuaalisten videopelikauppojen peliehdotusten sekä erilaisten verkkosivujen evästeiden kautta.

Toinen tutkimuskysymys keskittyi tekoälyn hyötyjen ja haittojen selvittämiseen pelituotannossa. Edellisessä kappaleessa tuotiin esille jo tekoälyn hyödyt, mutta ei lainkaan

sen haittapuolia, minkä vuoksi tässä kappaleessa keskitytään käsittelemään niitä. Lankesin ja Stocklin tutkimuksessa virtuaaliavustajan käytössä ongelmana oli ohjelman vajavaiset tai liian laaja-alaiset vastaukset siltä kysytyyn kysymykseen [1]. Taon tutkimuksessa tekoälyn ongelmia havaittiin sen yksityisyyden suojan puutteessa, algoritmien huonossa läpinäkyvyydessä sekä reiluusongelmissa [3]. Panin tutkimuksessa tekoälyn haittapuolina esiteltiin sen joustamaton käytös, lailliset ja eettiset huolet, sekä tunteiden ja luovuuden puute [2]. Näitä tekoälyn haittapuolia tarkasteltiin käyttämällä Donvirin ja Sharman tutkimuksessa jaoteltua viittä tekoälyn eettistä ongelmaa pohjana [7]. Näiden perusteella pystyttiin tarjoamaan myös ratkaisuja esille tulleisiin tekoälyn ongelmiin [7].

Viimeinen tutkimuskysymys oli ” Voivatko tekoälytyökalujen käytöstä pelituotannossa syntyvät haitat tai eettiset ongelmat ylittää niiden tarjoamat hyödyt?”. Lankesin ja Stocklin [1], Panin [2] sekä Taon [3] tutkimuksissa tekoälyn ongelmien käsittely on hyvin rajattua ja ainakin Panin [2] ja Taon [3] tutkimuksissa on keskitytty enemmän käsittelemään tekoälyn tarjoamia hyötyjä pelituotannossa. Kuitenkin Donvirin ja Sharman tutkimuksessa käsiteltiin laajemmin tekoälyn eettisiä ongelmia ja niihin tarjottiin myös ratkaisuja [7], joiden perusteella tekoälyn haittavaikutuksia pystyttiin minimoimaan. Kaikkia tekoälyn haittoja ei pystytä täysin varmasti poistamaan, mutta niiden minimointikin tekee tekoälyn käytöstä kannattavampaa sen ongelmista huolimatta. Kirjallisuuskatsauksen hypoteesina oli, että pelituotannon alalla tekoälyn aiheuttamat haitat olisivat suurempia suhteessa tekoälyn tarjoamiin hyötyihin. Koottujen tutkimustulosten perusteella hypoteesi voidaan todeta epätodeksi. Tutkimukset tukivat vahvemmin hypoteesin vastaista kantaa tekoälyn hyödyllisyydestä.

Tutkimusaineistojen haku vaihe oli haastava, sillä tutkimuksia, jotka keskittyivät tekoälyn negatiivisiin puoliin, oli hyvin vähän. Monet artikkelit keskittyivät tekoälyn hyviin puoliin ja mainitsivat huonot puolet vain erittäin lyhyesti. Myös kirjallisuuskatsaukseen löydettyissä Lankesin ja Stocklin [1], Panin [2] ja Taon [3] tutkimuksissa oli hyvin lyhyesti mainittuna tekoälyn ongelmat ja osa niistä oli selitetty hyvin epämääräisesti. Esimerkiksi tunteiden ja luovuuden puutteen tuominen esille tekoälyn haittapuolena on kiinnostava tutkimusaihe, mutta Pan käsitteli sitä hyvin pintapuolisesti [2]. Aiheesta olisi mahdollista tehdä enemmän lisätutkimusta, sillä se on erittäin monimutkainen.

Tässä kirjalliskatsauksessa ei käsitelty kaikkia mahdollisia pelituotannossa esiintyviä tekoälyn haittoja ja ongelmia, vaan vain hyvin pientä osaa niistä. Esimerkiksi tekoälyn

aiheuttamia negatiivisia ympäristövaikutuksia ei käsitelty, vaikka yhä enemmän niiden haittoja tuodaan esille osana tekoälyn saamaa kritiikkiä. Tekoäly on tällä hetkellä erittäin nopeasti kehittyvä ala, minkä vuoksi niin pelialalla kuin myös muilla sitä hyödyntävillä aloilla tuotetaan jatkuvasti uusia tapoja hyödyntää tekoälyä. Tämän vuoksi tekoälyn mahdollisuudet, kuten myös niiden rinnalla nousevat ongelmat, tulevat lisääntymään.

Lähteet

- [1] M. Lankes ja A. Stockl, "AI-Powered Game Design: Experts Employing ChatGPT in the Game Design Process," *Epstem*, vol. 24, s. 1–9, Joulukuu 2023, doi: 10.55549/epstem.1406194.
- [2] Y. Pan, "The Application and Problems of Artificial Intelligence in Games," *Proceedings of the 2023 International Conference on Data Science, Advanced Algorithm and Intelligent Computing (DAI 2023)*, vol. 180, B. H. Ahmad, Toim., in *Advances in Intelligent Systems Research*, vol. 180., Dordrecht: Atlantis Press International BV, 2024, s. 567–575. doi: 10.2991/978-94-6463-370-2_57.
- [3] Y. Tao, "Exploring the Applications and Drawbacks of Artificial Intelligence in Gaming," *TE*, vol. 1, no. 10, Joulukuu 2024, doi: 10.61173/jm598r49.
- [4] M. Minkkinen ja M. Mäntymäki, "Tekoälyn ongelmiin on puututtava nyt eikä vasta sitten, kun on myöhäistä," Turun Yliopisto, Lokakuu 2023.
<https://www.utu.fi/fi/ajankohtaista/uutinen/tekoalyn-ongelmiin-on-puututtava-nyt-eika-vasta-sitten-kun-on-myohaista> [Viitattu 21.10.2025]
- [5] S. Kelly, "Activision Confirms 'Call of Duty' Features AI-Generated Visuals," CNET, Helmikuu 2025, <https://www.cnet.com/tech/services-and-software/activision-confirms-call-of-duty-features-ai-generated-visuals/> [Viitattu 23.1.2026]
- [6] L. O'Brien, "How Ubisoft's New Generative AI Prototype Changes the Narrative for NPCs," Ubisoft, Maaliskuu 2024, <https://news.ubisoft.com/en-us/article/5qXdxhshJBXoanFZApdG3L/how-ubisofts-new-generative-ai-prototype-changes-the-narrative-for-npcs> [Viitattu 23.1.2026]
- [7] A. Donvir ja G. Sharma, "Ethical Challenges and Frameworks in AI-Driven Software Development and Testing," *2025 IEEE 15th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, Las Vegas, NV, USA: IEEE, Tammikuu 2025, s. 00569–00576. doi: 10.1109/CCWC62904.2025.10903892.
- [8] H. M. Chandler, *The game production handbook*. Jones & Bartlett Publishers, 2009.

- [9] S. Aleem, L. F. Capretz, ja F. Ahmed, "Game development software engineering process life cycle: a systematic review," *J Softw Eng Res Dev*, vol. 4, no. 1, s. 6, Joulukuu 2016, doi: 10.1186/s40411-016-0032-7.
- [10] J. Kolari ja A. Kallio, *Tekoäly 123: Matkaopas tulevaisuuteen*. Docendo, 2023.
- [11] P. Raatikainen, "Tekoäly, ihminen ja yhteiskunta-johdatusta teemaan," *Teoksessa Tekoäly, ihminen ja yhteiskunta Filosofisia näkökulmia*, s. 7–20, Helsinki: Gaudeamus, 2021.
- [12] "Intelligence." Merriam-Webster.com Dictionary, Merriam-Webster, <https://www.merriam-webster.com/dictionary/intelligence>. [Viitattu 6.5.2025]
- [13] S. S. Haykin, *Neural networks and learning machines*, 3. Versio, New York Munich: Prentice-Hall, 2009.
- [14] D. Jagdale." Finite State Machine in Game Development," *IJAR SCT*, s. 384–390, Lokakuu 2021, doi: 10.48175/IJAR SCT-2062.
- [15] B. Brożek, M. Furman, M. Jakubiec, ja B. Kucharzyk, "The black box problem revisited. Real and imaginary challenges for automated legal decision making," *Artif Intell Law*, vol. 32, no. 2, s. 427–440, Kesäkuu 2024, doi: 10.1007/s10506-023-09356-9.
- [16] S. N. Stahlke ja P. Mirza-Babaei, "User testing Without the User: Opportunities and Challenges of an AI-Driven Approach in Games User Research," *Comput. Entertain.*, vol. 16, no. 2, s. 1–18, Huhtikuu 2018, doi: 10.1145/3183568.
- [17] Valve Corporation. ValveAntiCheat. VACnet. 3.0. 2024.
- [18] Tencent. Anti-Cheat Expert. 2021.
- [19] Valve and Hidden Path Entertainment. Counter-Strike: Global Offensive. (2012) Valve Corporation. [Windows] Saatavilla: https://store.steampowered.com/app/730/CounterStrike_2/
- [20] M. Valkeinen. "Laskentapalvelinten hyödyntäminen neuroverkkojen opetuksessa". Kandidaatintutkielma, Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta, Tampereen yliopisto, 2020.
- [21] T. Sarikka, "Konvoluutioneuroverkkojen rakenne ja sovelluksia," Pro gradu -tutkielma, Matematiikan ja tilastotieteen laitos, Turun yliopisto, 2025.

- [22] D. Leslie, "Understanding artificial intelligence ethics and safety: A guide for the responsible design and implementation of AI systems in the public sector," Zenodo, Kesäkuu 2019. doi: 10.5281/ZENODO.3240529.
- [23] J. Buolamwini ja T. Gebru, "Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification," *Proceedings of Machine Learning*, vol. 81, s. 1–15, 2018.
- [24] M. T. Akbar, M. N. Ilmi, I. V. Rumayar, J. Moniaga, T.-K. Chen, ja A. Chowanda, "Enhancing Game Experience with Facial Expression Recognition as Dynamic Balancing," *Procedia Computer Science*, vol. 157, s. 388–395, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.08.230.
- [25] Kidum Multimedia Ltd. Virus: The Game. [PC]. Sir-Tech Software Inc., 1997.
<https://www.mobygames.com/game/3302/virus-the-game/> [Viitattu 9.9.2025]
- [26] Normal Wholesome Games. The Watson-Scott Test. [PC]. Normal Wholesome Games. 2018. https://store.steampowered.com/app/955060/The_WatsonScott_Test/ [Viitattu 9.9.2025]
- [27] Yleinen tietosuoja-asetus GDPR 2016/679 (EU). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2016.119.01.0001.01.ENG&toc=OJ:L:2016:119:TOCs
- [28] Tietosuojalaki 1050/2018 (Suomi). <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2018/1050>
- [29] Y. Xue, "Aesthetic Emotion Measurement Methods for Painting," Proceedings of the 2023 2nd International Conference on Social Sciences and Humanities and Arts (SSHA 2023), vol. 752, M. F. B. Sedon, I. A. Khan, M. C. BiRkök, ja K. Chan, Eds., in *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, vol. 752. , Paris: Atlantis Press SARL, 2023, s. 507–512. doi: 10.2991/978-2-38476-062-6_64.
- [30] U. Agudo, M. Arrese, K. G. Liberal, ja H. Matute, "Assessing Emotion and Sensitivity of AI Artwork," *Front. Psychol.*, vol. 13, s. 879088, Huhtikuu 2022, doi: 10.3389/fpsyg.2022.879088.