

# **NPC-tekoäly tieteellisessä tutkimuksessa ja pelisuunnittelussa**

Turun yliopisto  
Teknillinen tiedekunta  
LuK-tutkielma  
Tietojenkäsittelytiede

Laatija:  
Rami Levälehto

Ohjaaja:  
Jouni Smed

Maaliskuu 2024

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

**Kandidaatin tutkielma**  
**Tietotekniikan laitos, Teknillinen tiedekunta**  
**Turun yliopisto**

**Oppiaine:** Tietojenkäsittelytiede

**Tutkinto-ohjelma:** Tietojenkäsittelytiede, luonnontieteiden kandidaatin tutkinto

**Tekijä:** Rami Levälehto

**Otsikko:** NPC-tekoäly tieteellisessä tutkimuksessa ja pelisuunnittelussa

**Sivumäärä:** 23 sivua, 3 liitesivua

**Päivämäärä:** Helmikuu 2024

Tekoälyyn liittyvä kehitystyö on liittynyt alusta alkaen vahvasti peleihin. Tekoälyn alkuaikoina kehitystyö painottui ensisijaisesti mahdollisimman hyvän tekoälyalgoritmin kehittämiseen, jonka tarkoituksena oli ihmispelaajan voittaminen erilaisissa lautapeleissä. Vuosikymmenien aikana tietokoneohjelmat voittivat maailman parhaita pelaajia yhä haastavammissa lautapeleissä yksi toisensa perään. Viimeinen lautapeli go päättyi tekoälyn voittoon vuonna 2016, minkä jälkeen tekoälyn kehitystä on jatkettu vahvasti muun muassa digitaalisten pelien parissa.

Tutkielman aiheena on ei-pelattavat hahmot (*non playable character*) eli englanninkielisellä lyhenteellä NPC:t sekä niihin liittyvä tekoälyn kehityksen osa-alueisiin. Näitä kehityksen osa-alueita on tarkasteltu sekä tieteellisten artikkelien että pelinkehityksen julkaisujen näkökulmasta. Pohjana tutkielmalle on käytetty vuosilta 2017–2022 aiheita, jotka ovat erityisesti olleet julkaisuissa esillä. Tekoälytutkimus on keskittynyt tieteellisissä tutkimuksissa muun muassa tiimityöskentelyyn ja ryhmän toimintaan osana isompaa kokonaisuutta, vuorovaikutukseen pelaajan ja NPC:n välillä sekä tekoälyyn opettajana. Pelinsuunnittelussa aihealueina ovat olleet mm. pelintestaus tietokoneen toimesta, ihmismäinen käyttäytyminen ja reagointi sekä koneoppiminen itsensä opettamisessa.

Tieteellinen tutkimustyö on siirtynyt vahvemmin osa-alueille, jota on perinteisemmin tehty osana pelinsuunnittelua. Pelinsuunnittelussa puolestaan perinteisten kehityskohteiden lisäksi on otettu tekoäly ja tämän pohjalta kehitetyt NPC:t työkaluksi, jonka avulla voidaan nopeuttaa ja tehostaa pelin suunnittelua ja ylläpitoa.

**Asiasanat:** digitaaliset pelit, ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus, koneoppiminen, pelisuunnittelu, peliohjelmointi, tekoäly, tietokonepelit

# Sisällysluettelo

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
1.1	Ei-pelattavat hahmot ja tekoäly videopeleissä	2
1.2	Pelit tekoälyn kehitysalustana	3
1.3	Tutkimuskysymys ja -metodit sekä tutkielman rakenne	6
<b>2</b>	<b>Tekoäly ja NPC kirjallisuudessa sekä tutkimuksissa</b>	<b>8</b>
2.1	Tiimityöskentely	8
2.2	Strateginen ja taktinen ajattelu	9
2.3	Vuorovaikutus	10
2.4	Tekoäly opettajana	12
<b>3</b>	<b>Pelinkehittäjien näkökulmaa NPC-tekoälyyn</b>	<b>14</b>
3.1	Pelitestaus	14
3.2	Koneoppiminen pelinkehittäjän apuna	15
3.3	NPC:n käyttäytyminen ja reagointi	16
<b>4</b>	<b>Yhteenveto</b>	<b>19</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>24</b>

# 1 Johdanto

Peleissä hyödynnetty tekoälyn (eng. AI – *Artificial Intelligence*) kenttä on laaja. Pelit ovatkin olleet erinomainen alusta tekoälyn kehitykselle ja pelitekoäly on yhtä vanha kuin tekoälyn termi itsessään (Djalilian, 2018; Lim, 2018; Yannakakis & Togelius, 2018). Tekoälyä hyödynnettiin tietokoneen ohjaaman pelaajan suunnitteluun erityisesti yksinkertaisissa lautapeleissä, ja nämä vastustajat olivatkin pitkään ainoa peleissä käytetty sovellusalue. Vaikka nämä lautapelit ovat säännöiltään yksinkertaisia, tekoälyn suunnittelijalta vaadittiin todella paljon kehitystyötä, jotta tietokone osasi pelata hyvin (Yannakakis & Togelius, 2018.)

Tekoälyn määrittelemisen ei ole helppoa, sillä edes älykkyydelle ei ole kaikkien hyväksymää määritelmää. Tekoäly terminä muodostui ensimmäisen kerran vuonna 1956 Dartmouth Collegessa pidetyn kesäkoulun yhteydessä. Tekoälyn sovelluskohteet ja tekoälyyn liittyvät odotukset ovatkin monesti muuttuneet vuosikymmenien aikana – kun jokin tekoälyn mittarina pidetty tavoite on saavutettu, niin maaliviivaa on siirretty tavoitteen osalta edelleen kauemmaksi (Nivala, 2019.) Mielikuva tekoälystä vaihtelee paljon, ja se tarkoittaa eri asioita eri ihmisille (Lim, 2018; Lucci & Kopec, 2018; Svelch, 2020).

1990-luvulla, vasta useita vuosikymmeniä termin muodostumisen jälkeen, tietokoneiden tekoälymenetelmät sekä laskenta- ja muistikapasiteetti olivat niin hyviä, että ne kykenivät ensimmäistä kertaa voittamaan hallitsevan maailmanmestarin lautapelissä. Tämän jälkeen tekoäly on onnistunut voittamaan ihmispelaajat yhä monimutkaisimmissa peleissä, ja esimerkiksi nykyisin on ladattavissa julkinen shakkiohjelma, joka pelaa normaalilla kannettavan tietokoneen kapasiteetilla paremmin kuin yksikään ihmispelaaja. Vuonna 2016 Googlen DeepMind AlphaGO niminen tekoäly voitti silloisen maailmanmestarin Go-pelissä, joka oli viimeinen jäljellä oleva klassinen lautapeli, jota tietokone ei ollut sitä ennen onnistunut voittamaan (Yannakakis & Togelius, 2018.)

Kyseisen voiton jälkeen tekoälyn kehitys peleissä on siirtynyt yhä voimakkaammin monimutkaisempiin videopelisiin, joissa muuttujia ja hallittavaa on paljon enemmän. Näissä peleissä merkittävä osa kehityksestä on suuntautunut mahdollisimman hyvän tietokonepelaajan suunnitteluun tai mahdollisimman ihmistyyllisen pelaajan mallintamiseen. Myös muut tekoälyn käyttökohteet ovat kasvattaneet entistä enemmän merkitystään muilla pelien osa-alueilla, kuten videopelien sisällön tuottamisessa. (Yannakakis & Togelius, 2018)

## 1.1 Ei-pelattavat hahmot ja tekoäly videopeleissä

Useimmissa peleissä on pelaajan lisäksi mukana muita hahmoja tai olioita, jotka ovat joko muiden ihmisten tai tietokoneen ohjaamia. Näitä hahmoja tai olioita, jotka eivät ole ihmiset ohjaamia, kutsutaan ei-pelattavaksi-hahmoiksi tai ei-pelaajan-hahmoiksi (*non-playable character / non-playing character – NPC*) (Lim, 2018; Perrie & Li, 2014). Joskus näitä hahmoja saatetaan kutsua myös agenteiksi. Näiden ei-pelattavien-hahmojen rooli vaihtelee pelien välillä ja jopa yhden pelin sisällä (Yannakakis & Togelius, 2018). Käytän tutkielmassani jatkossa ei-pelattavista hahmoista yleisemmin tunnettua englanninkielistä lyhennettä NPC.

NPC:n tarkoitus ei ole aina voittaa pelaajaa ylivoimaisilla kyvyillään, vaan antaa riittävästi haastetta samalla, kun se tarjoaa viihdyttävän pelikokemuksen. Tietokone havainnoi peliä eri tavalla ja reagoi nopeammin eri tilanteisiin kuin ihminen, joten pelaajan kokemuksen kannalta onkin tärkeää, että tietokoneen ohjaamat hahmot ovat voitettavissa. Lisäksi tietokoneen toiminnan on vaikutettava tiettyyn pisteeseen asti pelaajan kannalta reilulta. (Svelch, 2020.)

Peleissä NPC:n käyttäytyminen muodostuu hyvin usein sääntöpohjaisista toimista, joiden perusteella tietokone valitsee käyttäytymismallinsa (Drake, 2018; Lim, 2018). On kuitenkin vaikeaa saada NPC vaikuttamaan toimissaan älykkäältä tai toimimaan tilanteissa ihmispelaajan silmissä järkevästi. Useimmiten tietokoneen ohjaama hahmo ei ole toiminnoissaan niin mukautuva, ettei sitä voisi erottaa oikeasta pelaajasta. (Drake, 2018.)

NPC:n suunnittelu on monimutkainen ongelma. Perinteisesti NPC:n käyttäytymisalgoritmit ovat perustuneet valmiiksi ohjelmoituihin sääntöpohjaisiin malleihin, äärelliseen tilakoneeseen (Coman & Muñoz-Avila, 2013; Ocio Barriales, 2021), käyttäytymisen pelipuihin (Isla, 2005) tai hyöty- ja tavoitefunktioihin. Tällöin ohjelma on sisältänyt ison joukon ohjeita ja sääntöjä, joiden pohjalta kone on siirtynyt tilasta toiseen (Nivala, 2019). Näitä keinoja hyödyntämällä on kehitetty alkeellista tekoälyä, jonka avulla NPC on saatu vaikuttamaan älykkäältä toiminnoissaan. (Drake, 2018.) 1960-luvulla ensimmäisissä videopeleissä NPC:tä ohjasi usein tietokone, joka sisälsi vain hieman tai ei yhtään tekoälyä. Syynä tähän oli tekoälytutkimuksen alkeellisuus ja pieni koneteho (Yannakakis & Togelius, 2018.)

Alkeellinen eli perinteinen tai klassinen tekoäly on muodostunut yhdestä tai useammasta eri sääntöpohjaisesta menetelmästä. Perinteinen tekoäly perustuu oletukselle, jonka mukaan

tekoöly suorittaa sille annettuja sääntöjä tilanteeseen sopivasti älykkään tuloksen saavuttamiseksi (Nivala, 2019.) Mitä enemmän aikaa ja vaivaa voitiin keskittää tekoölyn kehittämiseen perinteisin keinoin, sitä parempi siitä pystyttiin mahdollisesti kehittämään. Kuitenkin tällaisen manuaalisen kehittämisen vaatima työmäärä kasvoi jossain vaiheessa valtavasti, eivätkä saavutetut hyödyt olleet enää mielekkäitä käytettyyn työpanokseen ja aikaan nähden. Myöskään näin pitkälle suunnitellut algoritmit eivät välttämättä kyenneet reagoimaan yllättäviin tilanteisiin, joita koodin suunnittelijat eivät osanneet ennalta ennakoida (Nivala, 2019). Kuitenkin useimmiten pelit pääsevät riittävän pitkälle sillä, että ne vain saavat aikaan älykkyyden illuusion, vaikka NPC:tä ohjaava koodi on hyvinkin yksinkertaista. Tämä johtuu siitä, että yksinkertaisimmilla keinoilla saa pienemmällä vaivalla todennäköisesti paremman tuloksen kuin ennalta-arvaamattomalla tekoölyllä (Yannakakis & Togelius, 2018.)

Nykyisin tekoölyn kouluttamisessa voidaan hyödyntää koneoppimista. Koneoppiminen vaatii kuitenkin valtavia määriä laadukasta opetusmateriaalia, jotta se pystyisi toimimaan tehokkaasti oppimansa tiedon pohjalta, eikä se näin ollen ole aina paras ratkaisu pelin kannalta. Hyvin koneoppimisella koulutettu tekoöly pystyy kuitenkin reagoimaan paremmin odottamattomiin tilanteisiin verrattuna perinteisiin menetelmiin (Yannakakis & Togelius, 2018.)

Pelinkehittäjät tavoittelevat usein pelin sisällössä monipuolisuutta ja moniulotteisia tietokoneen hahmoja, jotta peliin saataisiin lisää syvyyttä. Useimmiten tämän moniulotteisuuden hintana on kuitenkin huono suorituskkyky, ohjautuvuuden puute, heikko skaalautuvuus sekä luonnoton vaikutelma toimintojen satunnaisuuden takia. NPC:n tekoölyn osalta laajempi ja monipuolisempi käyttäytymisohjelmisto tuo kuitenkin lisää ainutlaatuisia tapoja, jonka pohjalta tekoöly voi toimia. Tällöin toiminta saattaa todennäköisemmin muistuttaa luonnollista käyttäytymistä ja reaktiota. Niin sanottu tietokoneen maalaisjärki onkin monen pelisuunnittelijan pitkäaikainen tavoite, mutta sellaisen saavuttaminen vaatisi todella valtavan tietokannan yleistä tietoa eri ihmiselämän osa-alueilta. (Isla, 2005.) Loppuen lopuksi NPC:n toteutustavalla ei ole kuitenkaan merkittävää väliä, kunhan vain tietokoneen ohjaama hahmo parantaa pelikokemusta ja täyttää pelaajan odotukset peliä kohtaan (Yannakakis & Togelius, 2018).

## **1.2 Pelit tekoölyn kehitysalustana**

Pelit tarjoavat hyvän alustan tekoölyn tutkimiselle ja mahdollistavat monipuolisen ja haasteellisen ympäristön kehittämistä tekoölyä hallittavasti ilman, että sillä on epäonnistuessaan

vaaraa kenellekään. Juuri haasteellisuus on tärkeä mittari, kun kokeillaan tekoälyn ääri rajoja ja kykyä pelata yhä haasteellisimpia pelejä. Tämän lisäksi pelien suuri suosio ja tyyllilajien moninaisuus tarjoaa tekoälyn kehittämiselle vahvan taloudellisen tuen, suuren määrän saatavilla olevaa tietoa sekä kasvavan tarpeen uusille tekoälysovelluksille teknologian kehittyessä (Yannakakis & Togelius, 2018.)

Mitä enemmän peleillä on pelaajakuntaa, sitä enemmän sisältöä peleille tarvitaan. Vuosien varrella on kehitetty erilaisia tapoja, joilla pelaajat ja tietokone voivat suunnitella ja luoda sisältöä. Jatkuvasti kasvavat peliyhteisöt venyttävät kaiken aikaa omilla ideoillaan perinteisiä luovuuden rajoja, joiden ympärillä pelit ja tekoäly pyörivät (Yannakakis & Togelius, 2018.)

Koneoppiminen ja varsinkin kehittyneemmät koneoppimisen muodot vaativat valtavia määriä tietoa. Suositut pelit tarjoavat suuria määriä päivittäistä dataa pelaajista ja heidän peliprofiilistaan (Yannakakis & Togelius, 2018.) Tämä lisääntyvä tieto pelaajista mahdollistaa pelien kehittämisen tuottavampaan suuntaan ja kasvavat tuottomahdollisuudet lisäävät houkutusta hyödyntää tekoälyä, sillä se pystyy tehokkaasti käymään läpi kerättyä dataa ja luomaan sen perusteella tarkkoja johtopäätöksiä kehityspäätösten tueksi.

Tekoälyllä on pelirooleja suunniteltaessa kaksi mahdollista tavoitetta ja kaksi mahdollista roolia, jotka se voi ottaa peliasetelmassa. Tekoälyn kaksi tavoitetta ovat voitto tai kokemus, joiden pohjalta ilmenee tekoälyn tarkoitus pelaajan näkökulmasta. Tekoälyllä on myös kaksi roolia, jotka ovat pelaaja sekä ei-pelaaja. Tekoäly voi siis pelata voitosta tai tarjota pelikokemuksen ottamalla roolin joko pelaajana tai ei-pelaajana eli NPC:nä (Yannakakis & Togelius, 2018.) Nämä tavoitteet ja roolit muodostavat pelitekoälyn kehitykselle kuvassa 1 esitetyn neliömatriisin, jossa on eriteltyä eri käyttösovelluksia tekoälyn toimintaperiaatteen perusteella.

Akateemisen tutkimuksen lähtökohtana pelitekoälyn kehittämiselle on usein sellaisen voittoon tavoittelevan tekoälyn luominen, joka ottaa ihmispelaajan roolin. Tämä on yleistä varsinkin silloin, kun peliä käytetään tekoälyn testialustana, jossa mitataan tekoälyn toimintakykyä ja soveltuvuutta pitkän ajan kuluessa. Tämän tyylliset tekoälyt ovat sellaisia, joiden tavoitteena on esimerkiksi voittaa maailman paras ihmispelaaja tietyssä pelissä (Yannakakis & Togelius, 2018.) Lisäksi on pyritty kehittämään yleisempiä pelitekoälyjä, joiden on tarkoitus pystyä pelaamaan useampaa tuntematonta peliä onnistuneesti ilman, että sitä olisi kehitetty juuri kyseisiin peleihin. (Perez-Liebana ym., 2019).

	PELAAJA	EI-PELAAJA
VOITTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelit tekoälyn testialustana</li> <li>• Ihmispelaajan haastaja</li> <li>• Simulaation testaus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI pelaa rooleja, joita ihmispelaajat eivät haluaisi pelata</li> <li>• Pelin tasapainottaminen</li> </ul>
KOKEMUS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulaation testaus</li> <li>• Pelin esittely</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uskottava ja ihmisen kaltainen hahmo</li> </ul>

*Kuva 1 Tekoälyn käyttösovelluksia peleissä (Yannakakis & Togelius, 2018)*

Kun tekoäly pyrkii voittamaan NPC:n roolissa, sen tavoitteena ei ole ensisijaisesti tarjota mahdollisimman haastavaa vastusta, vaan pikemminkin pelata mahdollisimman ihmismäisesti tai tarjota pelaajalle viihdettä sopivalla haasteella. Jossain tapauksissa tietyt pelin roolit ovat sellaisia, ettei ihminen juurikaan haluaisi edes pelata niitä, jolloin tekoäly hoitaa pelaamisen. Vastaavasti toisissa tapauksissa tekoälyn vaikeusastetta on tarvetta säätää pelin edetessä, jotta peli olisi riittävän haastavaa ja näin ollen mielekästä pelata. (Yannakakis & Togelius, 2018)

Voittoa tavoittelevan pelaajan roolin ottava tietokone pyrkii usein jollain tavalla imitoimaan ihmistä mahdollisimman hyvin. Ihmismäistä tekoälyä hyödynnetään usein simulaatioon pohjautuvassa testauksessa, jossa tekoäly pyrkii pelaamaan kuten ihminen: se pyrkii toimimaan parhaan kykynsä mukaan kuten ihminen, reagoimaan samassa ajassa kuin ihminen ja tekemään samantyyppisiä virheitä. Kun tekoäly toimii kuten ihminen, sen avulla voidaan selvittää, onko peli voitettavissa ja mitä pelin mekaniikoita hyödynnetään etenemisessä. Mikäli tekoälyn toiminta kuitenkin poikkeaa ihmisestä merkittävästi, sen tuottama tieto on virheellistä ja saattaa näin antaa väärän kuvan pelistä. Ihmisen kaltaista tekoälyä voidaan lisäksi hyödyntää myös esityksissä, jossa katsoja pääsee seuraamaan, millainen peli on kyseessä ja millaista sisältöä pelissä on (Yannakakis & Togelius, 2018.)

Peliteollisuuden yleisin tekoälyn rooli on NPC:n rooli, jonka tarkoituksena on käyttäytyä ilman ensisijaista tavoitetta voittaa pelaajaa tai peliä. Tällainen NPC saattaa olla mukana pelissä useita tarkoituksia varten, kuten toimia vastustajana, avustajana, neuvonantajana, tarinan osana tai palapelin ratkaisun muodostajana. Nämä roolit ovat toisinaan hyvinkin yksinkertaisia, niin tarkoitukseltaan kuin suunnittelultaan. Tällöin ei ole aina

tarkoituksenmukaista hyödyntää tekoälyä, mikäli yksinkertainen algoritmi riittää toiminnon suorittamiseen. Useimmiten riittääkin, että hahmo on uskottava ja täyttää sille annetun pelaajan oletuksen sen roolista ja hyödyllisyydestä pelin kokonaisuuden kannalta (Yannakakis & Togelius, 2018.) Mozgovoy et al. (2021) mukaan hyvän tekoälyjärjestelmän tavoite voi olla tarpeen mukaan vahvuus, ennakoitavuus tai yllättävyys, ystävällisyys tai vihamielisyys sekä jotain muuta pelistä ja tekoälyn roolista riippuen.

Koska tiedeyhteisö keskittyy ensisijaisesti pelaajan rooliin, jonka tarkoituksena on voittaa ja peliyhteisö NPC:n rooliin, jonka tarkoituksena on viihdyttää, on näiden yhteisöjen välille muodostunut pieni kuilu. Sekä tiedeyhteisö että peliyhteisö hyötyisivät yhteistyöstä sekä näkökulman muutoksesta tekoälysovelluksia suunniteltaessa. Tällainen monipuolisempi tekoälyn hyödyntäminen mahdollistaisi kattavamman työkalupakin tehokkaamman tekoälyratkaisun saavuttamiseksi (Nareyek, 2007; Yannakakis & Togelius, 2018).

### **1.3 Tutkimuskysymys ja -metodit sekä tutkielman rakenne**

Tutkielmani on kirjallisuuskatsaus, jossa perehdyn tekoälyyn, joka liittyy NPC:n toimintaan jossain muodossa. Tutkielman tavoitteena on tarkastella samankaltaisuuksia ja eroja tiedeyhteisön ja peliyhteisön julkaisuista. Keskityn tutkielmassa ensisijaisesti NPC:n roolissa toimivaan tekoälyyn, jonka tavoitteena on joko voittaa tai tarjota pelaajalle mukava pelikokemus. Olen ottanut tutkielmaani myös tekoälysovellukset, joita on mahdollista hyödyntää sekä pelaajan että NPC:n tekoälyn roolissa tai sisällön tuottamisessa.

Vaikka tekoälyä käytetään nykyisin monilla pelien eri osa-alueilla, olen pyrkinyt valitsemaan mukaan tutkielmaan videopeleissä käytettyjä uusia tekoälyn tekniikoita, jotka ovat yhdistelleet ja soveltaneet perinteisempiä tekoälyn menetelmiä uudella tavalla tai käyttäneet koneoppimista onnistuneesti NPC:n suunnittelussa. Tämä johtuu pääosin siitä syystä, että moni tekoälyn kehityksen kärjessä oleva osa-alue ei mitä luultavammin sovellu pelimaailman NPC-hahmoihin, sillä ne ovat joko aivan liian raskaita tai monimutkaisia suhteutettuna tarpeeseen.

Perehdyn luvussa 2 ensin tarkemmin aihetta käsittelevään kirjallisuuteen ja tutkimuksiin vuosilta 2017-2022. Olen pyrkinyt poimimaan kyseiseltä ajanjaksolta uusia ja innovatiivisia teemoja eri pelitekoälyn osa-alueita, joiden avulla on kehitetty parempia algoritmeja NPC:n toimintaan tai tekoälyn hyödyntämiseen pelikokemuksen parantamiseksi.

Luvussa 3 käydään läpi eri pelinkehittäjien näkökulmasta kiinnostavia aihealueita, joista eri peliteollisuudessa työskentelevät ja pelejä kehittäjät ovat kuvailleet [gamedeveloper.com](https://www.gamedeveloper.com) sivustolla. [Gamedeveloper.com](https://www.gamedeveloper.com) on pelinkehittäjille ja pelinkehitykselle suunnattu sivusto, josta löytyy monipuolisesti artikkeleita, blogeja, uutisia ja muita julkaisuja laajasti pelinkehityksen eri osa-alueilta sekä käytännönkokemuksia peleissä käytetyistä teknologioista ja niiden toimivuudesta. Näistä julkaisuista olen koonnut vastaavasti kiinnostavia ja innovatiivisia teemoja vuosilta 2017-2022, jotka ovat monipuolistaneet tai kehittäneet peleissä käytettyä teknologiaa tai hyödyntäneet teknologiaa onnistuneesti uudella tavalla.

Lopuksi luvussa 4 on yhteenveto tieteellisistä kirjallisuudesta ja pelinkehittäjien julkaisuista sekä vertailu näiden poikkeavuuksista ja samankaltaisuuksista. Lisäksi peilaan näitä vertailun tuloksia käsiteltyyn teoriaan rooleista tiedeyhteisön ja pelinkehityksen näkökulmista. Neljännessä luvussa hahmotellaan myös tutkielman aiheiden pohjalta kehityssuuntia, joita pelikehitys saattaisi ottaa tulevaisuudessa laajemmin käyttöön pelien toimintoja suunniteltaessa.

## 2 Tekoäly ja NPC kirjallisuudessa sekä tutkimuksissa

Kun ensimmäisiä videopelejä hieman monimutkaisimpine toimintoineen kehitettiin 1970- ja 80-luvuilla, pelit suunniteltiin mekaanisesti siltä pohjalta, ettei kunnollista tekoälyä ollut käytettävissä nykyisessä merkityksessä. Vaikka tekoäly on noista ajoista kehittynyt suurin harppauksin, on silloinen NPC:n suunnittelukaava periytynyt nykypäivän peleihin. Tämä tarkoittaa sitä, että monet pelit on suunniteltu edelleen niin, etteivät ne tarvitse monipuolista tekoälyä toimiakseen. Tämä tilanne vaikuttaisi kuitenkin olevan nopeasti muuttumassa tekoälyn ottaessa kokonaisvaltaisempaa roolia pelin toiminnoissa (Yannakakis & Togelius, 2018.)

Tietokoneen ohjaaman hahmon lähtökohdat ovat jo perustavanlaatuisilta rakenteiltaan hyvin erilaiset kuin ihmispelaajan. Tekoälyyn eivät vaikuta tunteet tai fyysisen ja henkisen kuormitus samalla tavoin kuin ihmiseen, joten keskittymisen herpaantuminen tai väsymys ei ole niille ongelma. Kun ihmispelaaja esimerkiksi näkee ruudulla tapahtuvat asiat ja reagoi näkemäänsä marginaalisella viiveellä, pystyy tietokone puolestaan toimimaan ihmiseen verrattuna usein välittömästi. Vastaavasti koneen hahmotuskyky ja päätöksentekorakenne poikkeavat myös ihmisen ominaisista tavoista (Djalilian, 2018) ja tämä poikkeavuus ilmenee useissa eri osa-alueilla, joihin pelitekoälyn tulisi kyetä vastata tulevaisuudessa kehityskilvan edetessä.

### 2.1 Tiimityöskentely

Yksi NPC- tekoälykehityksen mielenkiintoisia osa-alueita ovat joukkuepeli ja tiimityöskentely. Tiimityöskentelyssä merkityksellistä on se, etteivät paremmat pelaajat tai NPC:t eivät välttämättä voita, mikäli heidän yhteistyönsä ei toimi. Tämä tuo lisäulottuvuuden NPC:n kehitykselle, sillä se vaatii tekoälyltä useiden lisäalueiden hallintaa perinteisen pelaamisen lisäksi. Näitä alueita ovat muun muassa kommunikaatio joukkueen pelaajien välillä, sopeutuvuus joukkueen muutoksiin pelin edetessä sekä roolien jakaminen erityisosaamisen mukaan (Mozgovoy et al., 2021.)

Tiimityöskentelytaitojen lisäksi NPC:ltä odotetaan luonnollisuutta liikkeissä sekä yksittäisten hahmojen että ryhmän osalta. Onkin merkittävää, että ihan vain se miten NPC liikkuu, voi vaikuttaa myönteisesti tai kielteisesti pelikokemukseen. Vastaavasti mikäli tietokone ohjaa useampaa hahmoa, niin myös ryhmän liikkuminen tulisi olla mahdollisimman sujuvaa ja tarkoituksenmukaista kokonaisuudessaan. Tällaisia ryhmälle sovellettuja ryhmän

liikkumiseen tehtyjä algoritmeja kutsutaan parvialgoritmeiksi (eng. *flocking algorithm*). Ensimmäiset parvialgoritmit kehiteltiin 1980- ja 90- luvulla ja ne pohjautuivat simuloimaan luonnollista biologista liikkumista (Wehbe et al., 2019.) Liikkuminen onkin pelaajalle yksi näkyvimmistä eleistä peleissä ja näin yksi suurimmista tekoälyn uskottavuuteen vaikuttavista tekijöistä (Ripamonti ym., 2017).

## 2.2 Strateginen ja taktinen ajattelu

Monissa peleissä NPC:t toimivat pelaajan vastustajana. Kuten monen muunkin NPC:hen liittyvän, niin myös taistelun tulee olla mahdollisimman luonnollista ja ihmismäistä (Ripamonti ym., 2017). Ei siis riitä, että tietokoneen ohjaama hahmo liikkuu sulavasti, vaan tämän strategisen ja taktillisen tilannetaju muuttuvassa ympäristössä tulisi lisäksi olla luontevaa ja loogista ilman, että se olisi kuitenkaan liian ennalta arvattavaa. Koska ihmispelaajan käyttäytyminen voi olla ennalta arvaamatonta, tulisi myös tekoälyn kyetä satunnaisuuteen toiminnoissaan (Gorshkov & Zagarskikh, 2019.) Lisäksi pelissä on usein mukana hyvin erityylyisiä yksiköitä, kuten panssarivaunuja, lentokoneita tai kranaatinheitinmiehiä, jolloin tekoälyn on pystyttävä ohjaamaan näitä hahmoja niille uskottavan roolin mukaisesti (Ripamonti ym., 2017).

Gorshkov ja Zagarskikh (2019) määrittelevät kolme eri tasoa, joiden pohjalta NPC:n tekoälyä tulisi kehittää luonnollisen taistelutilanteen luomiseksi. Nämä kolme tasoa ovat strateginen taso, operatiivinen taso ja taktinen taso. Strategisella tasolla keskitytään tekoälyn loogiseen päätöksentekoon eli se valitsee sopivat toimintatavat tavoitteen saavuttamiseksi. Tällä tasolla tekoälyn on myös pystyttävä jatkuvasti reagoimaan nopeasti ympäristön muutoksiin sekä vaihtamaan tavoitetta, mikäli se on tilanteen kannalta tarpeellista. Operatiivisella tasolla tekoäly tekee liikkumiseen liittyvät päätöksensä ympärillä olevien esteiden sekä vihollisten sijainnin ja määrän mukaan. Kolmannella, eli taktisella tasolla tekoäly valitsee liikkumisreitinsä niin, että sen on nopeinta liikkua tavoitteensa mukaisesti joutumatta huonompaan asemaan taistelussa (Gorshkov & Zagarskikh, 2019; Smed & Hakonen, 2017.)

Tässä kolmen osa-alueen mallissa tutkijat hyödynsivät tekoälyn ja käytöspuun yhdistelmää ja saivat aikaan melko kevytrakenteisen tekoälyn, joka imitoi ihmispelaajan käyttäytymistä. He eivät kuitenkaan onnistuneet saamaan NPC-tekoälyä, joka olisi ollut ennalta arvaamaton ja jota ei olisi voinut erottaa ihmispelaajasta. Kolmen mallin tekoäly toimi kuitenkin hyvin joustavasti testiympäristössä, vaikkakin saattaa jäädä suorituskyvyssä jälkeen raskaammille tekoälysovelluksille (Gorshkov & Zagarskikh, 2019.)

Ripamonti et al. (2017) kehittivät vastaavanlaisen tekoälysovelluksen ensimmäisen persoonan ammuntapelille. Usein peleissä tekoäly on jakautunut kolmelle eri tasolle, joilla jokaisella on oma selkeä roolinsa kokonaisuudessa: yksittäisen taistelija-NPC:n toiminnot, ryhmän toiminnot sekä koko ryhmittymän toiminnot. Tutkijat kehittivät kuitenkin yksinkertaisemman tekoälyversion ilman eri tasoja, joka pohjautui ryhmän sisäiseen kommunikointiin NPC:n välillä. Tämän muutoksen avulla sovelluksesta saatiin joustavampi sekä helpommin yleistettävä muihin peleihin, kun jokaiselle taistelijalle annettiin oma vastuunsa kokonaisuudessa kommunikaation avulla (Ripamonti et al., 2017.)

Monissa peleissä NPC:t taistelevat myös ihmispelaajan rinnalla osana joukkuetta. Perinteisesti näiden tietokoneen ohjaamien joukkuetovereiden ohjaaminen on ollut monimutkaista tai muuten hankalaa. Nykyinen tekoälykehitys luonnollisen puheen tunnistamisen osa-alueella on kuitenkin mahdollistanut kommunikoinnin ryhmän NPC:n kanssa puheen avulla niin, että vuorovaikutus on sujuvampaa ja luonnollisempaa. Vaikka nykyinen teknologia ei vielä tue täysin vapaata keskustelua, niin peliin olisi kuitenkin mahdollista kehittää useampia äänikomentoja, joita tietokone ymmärtäisi ja noudattaisi (Andrus & Fulda, 2020).

### **2.3 Vuorovaikutus**

Monissa peleissä pelaajan ja NPC:n välinen vuorovaikutus on suuressa roolissa ja NPC:t ovatkin usein välttämätön osa pelin suunnittelua ja toteutusta (Aljammaz ym., 2020). Perinteisesti keskustelu ja vuorovaikutus NPC:n kanssa ovat olleet peleissä epätodenmukaista. Useissa peleissä dialogi ei anna valintavaihtoehtoa tai pelaaja valitsee haluamansa repliikin usean dialogivaihtoehdon joukosta, jonka pohjalta hän saa sille ennalta määrätyn vastauksen. Nykyiset tekoälysovellukset luonnollisen kielen ymmärtämiselle ja luomiselle tarjoavat mahdollisuuden hyödyntää ihmiskieltä NPC:n kanssa kommunikointiin (Fraser et al., 2018.). Luonnollisen kielen lisäämien peliin tarjoaisi uusia mahdollisuuksia kasvattaa pelaajan myönteistä kokemusta pelistä (Aljammaz ym., 2020; Fraser ym., 2018).

Mikäli pelaaja pystyisi keskustelemaan NPC:n kanssa vapaasti ja luonnollisesti, se tekisi peleistä haluttaessa haastavampia. Tällöin pelaajan tulisi miettiä enemmän, mitä sanoa, sen sijaan, että voisi vain valita sopivimman valmiista vaihtoehdoista. Jos puhe yhdistettäisiin pelin kontekstiin, olisi mahdollista luoda todella ainutlaatuinen peliympäristö (Fraser et al., 2018.)

Videopeleissä tunteiden manipulointi on ominaisuus, jota on kehitelty useiden vuosien ajan. Tunteiden manipulointia hyödynnetään narratiivin luomisessa ja pelin edistymisen muokkaamisessa. Perinteisesti usean puhevaihtoehdon dialogeissa tunteiden ennakointi ja näiden vaikutus on usein selkeää ja helposti nähtävillä, jolloin se vaihtelee myönteisestä kielteiseen reaktioon. Nykyisin tekoäly pystyy tunnistamaan jo ihmisen puheesta hänen tunnetilaansa, kuten iloa, surua, pelkoa, vihaa tai itseluottamusta, mikä mahdollistaa syvällisemmän vuorovaikutuksen pelaajan ja NPC:n välillä. Esimerkkinä voidaan mainita tilanne, jossa jokin pelin etenemisen kannalta hyödyllinen tieto on saavuttamattomissa, mikäli oikeaa tunnetilaa ei saada aikaiseksi. Pelaajan on siis kyettävä vaikuttamaan suoraan keskustelukumppaniinsa äänensävyänsä perusteella, jotta haluttuun tietoon päästäisiin käsiksi (Fraser et al., 2018.)

Nykyiset luonnollisen kielen ymmärtämisen algoritmit pystyvät käsittelemään jo niin hyvin puhuttua kieltä, että myös sanotulle sisällölle saadaan merkitys äänensävyn lisäksi. Mikäli pelaaja kehuu NPC:tä neutraalilla äänensävyllä, niin tietokone tulkitsee sen myönteiseksi asiaksi, vaikka äänensävyästä sitä ei välttämättä huomaisi. Sekä äänensävyä että puhuttua sisältöä yhdistelemällä voidaan saada aikaiseksi peli, joka sitoo pelaajan entistä paremmin peliympäristöönsä (Fraser et al., 2018.)

Pelaajan ja NPC:n välistä vuorovaikutusta voidaan edelleen hyödyntää pelin kehittämiseen keskustelusta saadun datan pohjalta, sillä sen avulla pystytään hahmottamaan pelin mahdollisia kehityskohteita. Palaute on mahdollista sisällyttää NPC:n kanssa käytyyn keskusteluun, jolloin pelinkehittäjä saa jatkuvaa korkealaatuista tietoa ilman, että se häiritsee merkittävästi pelaajaa. Lisäksi tekoäly pystyy havaitsemaan pelaajan äänessä tunnesävyn, kuten innostuksen tai turhautumisen, joka edelleen vahvistaa saatua palautetta. Toisaalta peleissä tunnetilat saattavat vaihtua nopeastikin pelin edetessä, joten hetkellinen tunnetila saattaa antaa virheellisen kuvan kokonaistyytyväisyydestä (Frommel et al., 2021.)

Tekoälyn luonnollisen kielen käsittelyn kehittyminen on siis mahdollistaneet uusia tapoja hyödyntää NPC:n vuorovaikutusta pelaajan kanssa luoden näin ainutlaatuisia kokemuksia pelaajalle ja parantaen käyttäjäkokemusta. Samalla tekoälyn avulla voidaan luoda sisältöä ja haastetta uudella tavalla, kun pelaaja joutuu miettimään sitä, mitä hän sanoo NPC:lle. Pelin eteneminen saattaisi vaatia mahdollisesti tilanteen mukaan jopa uhkailua, imartelua, kiristystä tai flirttailua, mikä lisäisi uuden ulottuvuuden pelaajan ja NPC:n väliselle vuorovaikutukselle

ja pelimaailman muodostumiselle. Lisäksi pelaajien tuottamaa puhedataa voitaisiin hyödyntää pelin kehittämisessä ja uusien monimutkaisten hahmojen luomisessa.

## 2.4 Tekoäly opettajana

Tekoälyn avulla on kyetty voittamaan maailman parhaita ihmispelaajia erilaisissa peleissä. Ja koska tekoäly on useissa peleissä paras pelaaja, niin tätä tietotaitoa voitaisiin mahdollisesti hyödyntää opettaessa ihmisiä pelaamaan paremmin tietokoneen avulla. Kuka pystyisikään teoriassa opettamaan paremmin kuin paras pelaaja?

On kuitenkin täysin eri asia opettaa tekoälyä pelaamaan mahdollisimman hyvin kuin opettaa kyseistä tekoälyä opettamaan ihmisiä pelaamaan paremmin samassa pelissä. Yhdeksi ongelmaksi muodostuu tekoälyn selvä ero kyvyssä käydä läpi useita siirtoja eteenpäin: kun ammattilaispelaaja suunnittelee kymmeniä siirtoja peräkkäin, niin tekoäly kykenee käymään läpi kymmeniä tuhansia siirtoja samassa ajassa. Toisaalta ammattilaispelaaja pystyy selittämään ja perustelemaan siirtonsa, kun taas tekoälyllä käyttää painotettua neuroverkkoa päätöksenteosta, josta on vaikea saada selville, miksi johonkin tiettyyn ratkaisuun on päädytty niin, että sen voisi selittää auki. Tämä perustavanlaatuisen ero ihmisen ja pelitekoälyn välillä muodostaakin valtavan haasteen sille, miten tekoäly saadaan samalle aaltopituudelle ihmisen ajatuksenjuoksun ja päättelyn kanssa, jotta sen olisi mahdollista opettaa tätä kehittymään paremmaksi (Zhang & MacLellan, 2022.)

Ali, Park ja Breazeal (2019) kehittivät pelin, jonka tavoitteena on opettaa lapsia luovuuteen yhteistyöpelissä. Pelissä luova NPC-tekoäly työskentelee sosiaalisessa ympäristössä yhteistyössä lapsien kanssa auttaen heitä piirtämään mielikuvituksellisempia piirustuksia. Tutkimuksessa tutkittavat jaettiin kahteen ryhmään, jossa toinen sai avukseen suppean tekoälyn ja toinen sai avukseen luovan tekoälyn. Ryhmä, joka sai avukseen luovan tekoälyn, osoitti merkittävästi edistystä luovuudessa verrattuna kontrolliryhmään (Ali et al., 2020.) Vaikka kyseessä ei ollut parhaimman ihmispelaajan voittamiseen luotu tekoäly, pystyi tekoäly kuitenkin auttamaan nuoria pelaajia kehittymään ja oppimaan uusia taitoja.

Pelin vaikeusaste on yksi pelaajan kokemukseen vaikuttavista tekijöistä. Mikäli peli on liian helppo tai vaikea suhteessa pelaajan taitoon, niin pelaaja ei todennäköisesti pelaa peliä pitkään. Tekoäly kuitenkin voidaan valjastaa säätelemään pelaajan vaikeusastetta, jotta tämä viihtyisi pelissä mahdollisimman pitkään. Samalla tekoäly tukee taustalla pelaajan oppimista, sillä vaikeusaste nousee samassa suhteessa pelaajan taitojen kanssa (Philezwini Sithungu &

Marie Ehlers, 2020). Pelaajan oppiminen ei siis pysähdy pelin helpottuessa, vaan kasvava vaikeusaste pitää haastetta yllä samalla luoden pohjan jatkuvalle kehitymiselle. Tekoälyn voi siis auttaa pelaajaa jatkuvasti kehittymään ilman, että pelaaja suoranaisesti huomaa tämän tapahtumista taustalla.

Useat sotilasorganisaatiot ovat myös panostaneet voimakkaasti suuriin simulaatiojärjestelmiin, joiden avulla on pyritty rekrytoimaan uusia nuoria sotilasuralle (Ripamonti ym., 2017) tai kouluttamaan nykyistä armeijahenkilökuntaa erilaisia sotatilanteita varten (Smith, 2022). Perinteisesti tekoälyä on hyödynnetty tukijoukkojen liikutteluun ja vastustajajoukkojen (NPC) ohjaamiseen. Kyseinen tekoäly on muodostunut useista perinteisemmistä sovelluksista, joita yhdistelemällä on saatu aikaan yksi isompi kattavampi tekoälykokonaisuus. Tämän kokonaisuuden avulla muutama tukihenkilö on pystynyt hallinnoimaan isompia osa-alueita harjoituksessa sen läpi viemiseksi. Mikäli asevoimat ottaisivat käyttöön kehittyneempiä tekoälyteknologioita, organisaation suurien tietokantojen avulla olisi mahdollista tehdä merkittäviä parannuksia simulaatiojärjestelmiin, lisätä näiden todenmukaisuutta ja näin parantaa armeijahenkilökunnan koulutusta laadukkaammilla malleilla (Smith, 2022.)

### 3 Pelinkehittäjien näkökulma NPC-tekoälyyn

Tekoäly ja koneoppiminen eri muodoissa näkyy kasvavissa määrin myös pelinkehittäjien julkaisuissa. Varsinkin uudemmat tekoälyinnovaatiot, kuten syväoppimisen ja syvävahvistusoppiminen ovat löytäneet tiensä hitaasti pelinkehitykseen. Tämä johtuu siitä, että edessä on vielä useita esteitä, jotka tulisi ratkaista, ennen kuin uusiin tekoälytekniikka saataisiin tehokkaasti käyttöön peliteollisuudessa. Mahdollisia esteitä ovat ainakin mahdollinen suorituskyvyn lasku, tekoälyn sopeutumattomuus uusiin tilanteisiin ja uusiin ympäristöihin sekä toimintojen epävarmuus (Hendricks, 2022.) Vaikka tekoäly ja erityyiset koneoppimisen sovellukset ovat saaneetkin paljon huomiota muilla osa-alueilla, kuten konenäön tai puheentunnistuksen osalta, niin peliteollisuuteen se ei ole vielä merkittävää muuttamista aikaiseksi (Lim, 2018; Neumann, 2019). Mutta vaikka suurta läpimurtoa ei ole vielä saatukaan aikaiseksi, niin on kuitenkin monia pienempiä osa-alueita, joille on tekoälystä löytynyt uusia sovelluskohteita.

Nykyisistä tietokoneen ohjaamien hahmojen nykytilasta voidaankin siis olla varsin pessimistisiä. Joidenkin pelaajien ja ammattilaisten mielestä NPC tekoälyn saralla ei ole tapahtunut merkittävää läpimurtoa sitten vuoden 2005 *F.E.A.R*-pelin. Vaikka pientä kehitystä tapahtuu useilla osa-alueilla niin mitään muuttamista ei ole kuitenkaan saatu aikaiseksi ja kehitys on lähes pysähtynyt (Reich, 2022; Yannakakis & Togelius, 2018). Sitä vastoin peleistä on muuten tullut yhä monimutkaisempia ja laajempia kokonaisuuksia vastaten kasvavaan kysyntään (Autodesk, 2021) vaikka NPC-tekoäly ei olekaan kehittynyt yhtä nopeasti kuin jotkin toiset osa-alueet. Tekoälylle on löytynyt hyötykäyttöä ainakin pelitestauksen ja kokemuksen ylläpitämisen parissa sekä visuaalisen ja audiologisen laadun parantamisessa (Shah, 2022).

#### 3.1 Pelitestausta

Pelien testaus on ollut useiden vuosien ajan ihmispelaajien vastuulla. Tämä on tarkoittanut pitkiä kokeiluja pelin parissa etsien virheitä ja tasapainottaen pelimekaniikkaa. Kun tällaisia parannuskohteita on löydetty, on ne välitetty eteenpäin tiedoksi pelinkehittäjille korjattavaksi. Ihmispelaajan peli voi kuitenkin olla epätarkkaa ja vääristynyttä omien mieltymysten mukaan. He keskittyvät mieluiten asioihin, joita he itse pitävät mielenkiintoisina. Lisäksi pelaajat myös helpommin väsyvät ja turtuvat peliin jossain vaiheessa. Ihmispelaajat eivät myöskään pysty enää kunnolla pelaamaan huonommalla taitotasolla kuin mitä he jo omaavat. Pelitestausta onkin

ollut perinteisesti pitkäkestoinen, monimutkainen ja hintava osa pelinkehitystä (Protsenko, 2022.)

Hyödyntäessä syvävahvistusoppimista pelitestaukseen, tietokone oppii pelaamaan peliä ja testaamaan sen eri osa-alueita tehokkaasti ja tarkasti. Tekoäly pystyy pelaamaan samoja alueita läpi hieman mukauttaen toimintaansa tai pelityyliään antaen monipuolista dataa pelinkehittäjille. Lisäksi tekoäly pystyy tekemään testauksen paljon ihmistä nopeammin, jolloin testaukseen käytetty aika on vain murto-osa siitä, mitä se olisi perinteisellä tavalla vaatinut (Protsenko, 2022.)

Kiihtynyt kysyntä uudelle sisällölle on vähentänyt käytettävissä olevaa aikaa päivitysten kattavalle testaukselle ennen julkaisua. Syvävahvistusoppiminen tarjoaakin ratkaisun tähän ongelmaan vähentäen aikaa, joka testaukseen kuluu samalla kun palautetta kehityskohteista saapuu nopeampaan tahtiin. Pelinkehittäjät pystyvätkin näin keskittymään enemmän luovuuteen ja laatuun paremman pelin tarjoamiseksi, kun päivitysten hienosäätöön kuluu vähemmän aikaa (Protsenko, 2022).

Kuitenkin syvävahvistusoppimisen hyödyntäminen tehokkaammin vie vielä aikansa, sillä osaavaa erikoisosaamista ei alalla vielä ole riittävästi. Sovelluksen suunnittelussa on vielä puutteita, jotka tulisi ratkaista tehokkaamman syvävahvistusalgoritmin saavuttamiseksi, kuten ennalta arvaamattomiin tilanteisiin reagointi, ennustettavuuden lisääminen laadussa ja oppimisajan määrässä (Protsenko, 2022.)

### **3.2 Koneoppiminen pelinkehittäjän apuna**

Koneoppiminen ja varsinkin vahvistusoppiminen ovat algoritmeja, joiden avulla pelinkehitystä ja testausta on mahdollistaa nopeuttaa pienemmällä määrällä koodia ja laadusta tinkimättä. Syvä vahvistusoppiminen hyödynnetään pelintestauksessa ja tasapainottamisessa, NPC:n kehityksessä eri rooleihin sekä sisällön luomiseen, vaikeustason säätöön sekä pelaajan sitoutumisen vahvistamiseen. yksinkertaistettuna syvä vahvistusoppiminen on edistynyt neuroverkkoihin keskittynyt koneoppimisen muoto, jossa tietokoneelle opetetaan ensin perusteet mekaniikasta, kuten ihmispelaajan pelaama esimerkki. Tämän pohjalta tekoäly opetetaan toimimaan palkintojen ja rangaistuksien avulla niin, että tämä hiljalleen oppii peliä yrittämällä maksimoida palkinnot ja minimoimalla rangaistukset. Täten on mahdollista saavuttaa tietty lopputulos ilman, että keskitytään toimintoihin, miten tavoitteeseen on päädytty. (Compton, 2021; Shih, Jeffrey; Teng, Erwin; Nihlsson, 2020).

NPC:n kehittäminen perinteisempiä päätöspuita tai äärellisiä tiloja hyödyntämällä saattaa olla erittäin työlästä hyvän tuloksen aikaansaamiseksi. Nykyisin eri pelinsuunnitteluun räätälöidyissä ohjelmissa saattaa olla jo mukana oma koneoppimiseen kehitetty työkalupakki, jonka avulla pystyy kouluttamaan tietokoneen ohjaamia hahmoja pelaamaan peliä taistelemalla itseään vastaan (Maus, 2022). Näin kone oppii hiljalleen itsekseen, eikä se vaadi muuta kuin opetusasetusten hienosäätöä pelinkehittäjältä suorituksen parantamiseksi.

Vahvistusoppimisen avulla on mahdollista myös kouluttaa useita hahmoja hieman palkintoja muokkaamalla. Näistä parhaimmat valitaan jatkojalostukseen, joiden pohjalta luodaan uusia hahmoja samalla kun lisätään hieman satunnaisuutta kehitykseen. Kun tätä kehityskulkua jatketaan yhä eteenpäin, saadaan aikaan monipuolisia hahmoja, joilla on mahdollisesti hyvin erilainen ominaisuus saavuttaa palkintojen maksimointi suhteessa toisiin. Kun tätä kehityskulkua sovelletaan NPC hahmojen luomiseen, on mahdollista saada aikaan mielenkiintoista erikoistuneisuutta pelihahmoille ilman, että niitä täytyy yksityiskohtaisesti suunnittelijan määrittellä (Compton, 2021.)

### **3.3 NPC:n käyttäytyminen ja reagointi**

NPC:n ulkonäön ja käyttäytymisen tulee täyttää pelaajan psykologiset odotukset, jotta hahmo olisi uskottava, vaikka pelaaja tietääkin sen olevan tietokoneen ohjaama hahmo. Liu (2022) mukaan NPC hahmon tulee olla yhdenmukainen pelaajan odotuksissa kolmella tasolla: fyysisesti, biologisesti ja psykologisesti. Fyysisesti NPC:n ulkonäön ja toimien tulee sopia ajatukseen siitä, millaisesta fyysisestä maailmasta näyttävät ja miten oliot siinä toimivat. Vaikka maailma olisi maaginen tai futuristinen, niin fysiikan tulee olla uskottavasti sidoksissa kyseiseen ympäristöön, jolloin pelaaja voi hyväksyä sen uskottavaksi. Biologisesta näkökulmasta meillä on luonnollisia odotuksia olennoille, jotka esiintyvät pelissä. Olipa nämä olennot sitten malleja oikeista olennoista tai täysin keksittyjä peliä varten, niin pelaaja arvioi näiden toimintaa pohjautuen luonnollisiin kokemuksiinsa. Psykologisessa mielessä NPC:n tulee reagoida pelaajan käyttäytymiseen tilanteeseen sopivalla tavalla. Mikäli jotain normaalista poikkeavaa tapahtuu niin pelaaja odottaa siihen vastaavaa reaktiota, joka sopii tämän sosiaaliseen tilannetajuun (Liu, 2022.)

NPC:n avulla on myös mahdollista syventää pelaajan kokemusta luomalla näille syvällisiä ja ainutlaatuisia luonteenpiirteitä ja persoonallisuuksia. Pelin kannalta on hyvä, mikäli se

onnistuu luomaan tunnesiteen pelaajan ja tämän tarinaan. Tunneside voidaan luoda esimerkiksi muodostamalla hahmolle traaginen ja samaistuttava tarina sekä pahuus, jota vastaan täytyy taistella vääryyden korjaamiseksi. Mikäli pelaaja kokee samaistumista pelihahmoon ja tämän tarinaan, niin myös monet pelin toiminnoista saavat tarkoituksen ja näin tuovat pelaajalle teoista saavutuksen tunteen (Liu, 2022.)

Joissain peleissä pelaajan mukana on tietokoneen ohjaama hahmo, joka toimii pelaajan mukana yhteistyössä. Näiden hahmojen tarkoitus on usein vaikuttaa pelaajan tunteisiin ja näin luoda emotionaalista sisältöä peliin. Oikein suunniteltuna ja toteutettuna NPC:n ja pelaajan vuorovaikutus voi nostattaa pelaajassa erilaisia tunteita ja näin muodostaa tunnesiteen pelaajan ja tämän kumppanin välille. NPC:n käyttäytyminen voi täten lisätä tunteellisia kokemuksia pelin parissa ja näin saada syvällisemmän pelikokemuksen (Liu, 2022).

Yksi haastavimmista pelityypeistä tekoälyn suunnittelulle ovat hiiviskelypelit, joissa pelaajan tarkoituksena on liikkua ja toimia vastustajilta piilossa. Näissä peleissä haasteena tarkka tasapainottelu pelin vaikeusasteen kanssa niin, että peli on riittävän vaikea samalla kun se tarjoaa pienien mahdollisuuksien valikoiman, jota pelaaja pystyy hyödyntämään etenemiseen. NPC vastustajien tulee olla älykkään oloisia ja reagoida pelimaailman tapahtumiin luonnollisella tavalla (Ocio Barriales, 2021; Thompson, 2022.) Mikäli vastustaja käyttäytyy typerästi niin pelaaja ei saa samanlaista mielihyvää heidän voittamisestaan. Kuitenkaan se, että NPC ei olisi typerä, ei kuidenkaan tarkoita sitä, että tekoäly olisi järkevä (Botta, 2015; Martin, 2014; Thompson, 2022).

Hiiviskelypeleissä vastustajien tulee täyttää tietyt kriteerit, jotta NPC kykenee toimimaan pelin kannalta oletetulla tavalla. Ensimmäiseksi tekoälyn tulee olla yhdenmukainen toiminnoissaan. NPC:n tulee huomata ympärillään tapahtuvat muutokset pelimaailmassa ja saada heidät valpastumaan ja toimimaan tietyllä tavalla. Pelaaja oppii pelin edetessä hyödyntämään näitä toimintatapoja eri tilanteiden läpäisemiseksi (Thompson, 2022.)

Toiseksi vastustajan tulee reagoida luonnollisesti ja näin antaa palautetta, mikäli hän huomaa jonkin asian olevan vinossa tai jos hän havaitsee ihmispelaajan. Palaute voi ilmetä NPC:n liikkeenä, itselle ääneen puhumisena tai lähellä olevan NPC:n varoittamisena. Tämän palautteen avulla pelaaja voi arvioida vastustajan reagoitumista ja miten hänen tulisi toimia tilanteen kannalta parhaalla mahdollisella tavalla (Thompson, 2022.) Mitä suurempi tai kovaäänisempi teko on kyseessä, vastaavasti sitä vahvempi reaktio NPC:ltä pitäisi esiintyä. Tekoälyn reaktio tulisi olla luonnollinen tilanteeseen, jolloin reaktio ei saisi olla ylireagoitua

tai myöskään alireagointia suhteessa pelaajan odotuksiin (Ocio Barriales, 2021.) Tällainen reagointi lisää vastavuoroisuutta eli pelaajan tunnetta siitä, että hänen tekemisillään on vaikutusta peliympäristöön samalla tavoin kuin NPC:n tekemisillä on vaikutusta pelaajan toimintaan.

Kolmas kriteeri on ennakoitavuuden ja satunnaisuuden välinen tasapaino (Thompson, 2022). Ihmisaivot ovat todella tarkka huomaamaan kaavojen toistumisen, jolloin useamman tietokoneen ohjaaman NPC-hahmon yhtäaikainen reagointi tilanteeseen samalla animaatiolla ei jää pelaajalta huomaamatta. Reagointiajassa ja tavassa tulisi olla siten eroavaisuuksia, jotta tilanne vaikuttaisi luonnollisemmalta (Ocio Barriales, 2021.) Vaikka NPC:n palautteen ja toiminnan tulisi olla pääosin yhdenmukaista, tarvitsee mukana olla hieman satunnaisuutta, jottei peli ala toistaa itseään liiaksi (Thompson, 2022.)

Nämä kolme kriteeriä ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat varsinkin pelaajan kokemukseen pelin reiluudesta. Pelaajien tulisi kyetä muodostamaan ajatuksensa pelimaailman toiminnoista ja hyödyntää tätä edukseen. Tämä tietämys lisääntyy pelin edetessä ja uusien toimintojen ilmetessä. Kuitenkin pelaajien kokema käsitys pelin reiluudesta on subjektiivista ja saattaa näin vaihdella pelaajien kesken. Peleissä onkin usein jonkinlainen ristiriita pelin reiluuden, yhdenmukaisuuden ja tekoälyn kesken. (Martin, 2014; Thompson, 2022)

## 4 Yhteenveto

Pelit ovat erinomainen alusta tekoälyn tutkimiselle ja kehittämiselle, sillä pelit tarjoavat monipuolisen ja haasteellisen ympäristön kehittää tekoälyä ja kokeilla tekoälyn äärirajoja. Tämän lisäksi pelien suosio on suurta sekä peliteollisuus on kooltaan ja liikevaihdoltaan todella valtava, jolloin tekoälyn ja teknologioiden kehittämiseen pystytään keskittämään rahaa ja voimavaroja. Mitä enemmän peleille muodostuu pelaajakuntaa, sitä enemmän sisältöä peleille tarvitaan ja sitä suurempi rahamäärä ja tuottopotentiaali peleissä liikkuu. Lisäksi suuri pelaajakunta tarjoaa suuren määrän dataa, jota tarvitaan varsinkin kehittyneempien koneoppimismuotojen kouluttamiseen. Näiden pelaajista ja peleistä kerättävän tiedon avulla saadaan tietoa kehityspäätösten tueksi, jolloin pystytään kehittämään yhä houkuttelevampia ja viihdyttävämpiä pelejä.

Perinteisesti tiedeyhteisö on keskittynyt kehittämään peleihin tietokonepelaajia eli NPC-pelaajia, joiden tarkoitus on pystyä pelaamaan peliä mahdollisimman hyvin. 1990-luvulta lähtien tietokoneen ohjaamat pelaajat ovat kyenneet voittamaan maailman parhaimpia ihmispelaajia yhä haastavimmissa ja monimutkaisemmissa peleissä. Koska ylivoimaisen tietokonepelaajan luominen ei ole enää samalla tavalla ensisijainen tavoite ja tekoälyn laadun mittari, on tutkimus laajentunut muille pelien osa-alueille, kuten pelisisällön tuottamiseen ja pelaajan käyttäjäkokemuksen ja -tyytyväisyyden kasvattamiseen.

Peliteollisuudessa tekoälyllä onkin ollut tiedeyhteisöön verrattuna erilainen lähtökohta NPC-pelaajille, sillä näiden rooli on ollut käyttäytyä ja toimia ilman ensisijaista tavoitetta voittaa pelaajaa tai peliä. NPC-pelaajilla saattaa olla hyvinkin monipuolisesti rooleja ja tarkoituksia pelin etenemisen, sisällön tai tarinan suhteen. Nämä roolit ovat myös usein hyvin yksinkertaisia ja yksipuolisia, jolloin niiden toteutukseen ei ole kannattanut panostaa enempää kuin tarpeellista riittävän tuloksen aikaansaamiseksi. Useimmiten riittääkin, että NPC-hahmo on riittävän uskottava ja se täyttää sille annetun tarkoituksen.

Vuosina 2017-2022 on julkaistu tieteellisiä artikkeleja muun muassa tekoälyn hyödyntämisestä tiimityöskentelyssä, mahdollisimman ihmismäisen toiminnan mallintamiseen strategisessa ja taktisesta ajattelusta, pelin vuorovaikutustapojen syventämisestä sekä opettajan roolissa toimimisesta. Nämä aihealueet eivät siis liity NPC vastustajan kehittämiseen mahdollisimman tehokkaaksi, johon tieteellinen tutkimus on

aikoinaan keskittynyt, vaan pikemminkin tekoälyn muovaamista ihmismäisemmäksi ja vuorovaikutteisemmaksi toimijaksi.

Tiimityöskentely vaatii tietokoneelta monipuolisempaa eri osa-alueiden hallintaa peleissä, sillä sen tulee ottaa oman pelaamisen lisäksi huomioon myös enemmän muita muuttujia. Sen tulee kyetä sopeutumaan pelissä tapahtumiin omiin ja ryhmän muutoksiin mahdollisimman ihmismäisesti sekä tarkoituksenmukaisesti. Koska ihmismieli ja aivot ovat luonnostaan kehittyneet huomaamaan poikkeavuuksia käyttäytymisessä ja toiminnassa, NPC-tekoälyltä vaaditaan melkoisesti, jotta se olisi uskottava toimija tiimityöskentelyn osalta.

Jotta NPC-tekoäly käyttäytyisi pelaajan mielestä luonnollisesti, sen tulee pystyä pelistä riippuen kyettävä sekä operatiiviseen, taktiseen ja strategiseen toimintaan ainakin jollain tasolla. Alimmalla, strategisella tasolla, tekoäly valitsee lähtökohtaisen toimintatavan, jolla tavoitetta lähdetään toteuttamaan. Korkeammalla operatiivisella tasolla, tekoäly liikkuu ja toimii ympäristön mahdollisuuksien ja rajoituksen mukaan. Korkeimmalla, taktisella tasolla, tekoäly pyrkii valitsemaan tilanteeseen järkevimät ratkaisun mahdollisista ympäristön asettamista vaihtoehdoista. Näiden kolmen määrittelyn tason avulla toiminta on jaettu eri osa-alueisiin, joilla on hieman toisistaan poikkeava, mutta kokonaisuutta täydentävä tarkoitus.

Usein peleissä on myös mukana jokin sosiaalinen osa-alue. Tämä voi olla tietokoneen ohjaamien NPC hahmojen ohjaaminen käskyjen avulla tai NPC:n kanssa käytävä keskustelu dialogin avulla, jossa pelaaja valitsee haluamansa repliikin useasta vaihtoehdosta. Tekoälyn avulla on nykyisin mahdollista hyödyntää pelaajan luonnollista puhetta niin, että pelaaja voi antaa äänikomentoja, joita tietokone ymmärtää sen tunnesävyjä myöten. Tämä on mahdollista luonnollisen kieleen liittyvien tekoälysovelluksien ansiosta, jolloin sitä on pystytty soveltamaan onnistuneesti osana pelien suunnittelua. Tämä luo peleille suuria mahdollisuuksia, kun peliin pystytään luomaan lisää syvyyttä pelaajan puhetta ja eri vuorovaikutuskeinoja hyödyntämällä ainutlaatuisen pelikokemuksen aikaansaamiseksi.

Koska tietokoneet ja tekoälyteknologia on saavuttanut ja ylittänyt maailman parhaimpien ihmispelaajien tason tietokonepelien pelaamisessa, avaa se käänteisen mahdollisuuden hyödyntää tätä osaamista opettamisessa. Haasteena tässä on, että tietokone käsittelee tietoa perustavanlaatuisesti aivan eri nopeudella ja paljon laajemmin kuin ihminen, vaikka se ei pystykään välttämättä perustelemaan ratkaisuaan selvästi. Mikäli tämä este läpäistään ja tietokone saadaan opetettua selittämään tietoa niin, että se pystyy arvioimaan oppijan lähtötason, sekä opettamaan tätä sen mukaisesti, voi entinen vastustaja saada valjastettua

ymmärtäväksi opettajaksi. Peleissä tämä ilmenisi pelin taustalla tapahtuvana jatkuvana arviona pelaajan kyvyistä, jolloin tietokone pystyy määrittelemään vaikeustason niin, että pelaajalla on koko ajan haastetta ja opittavaa ilman, että vastustaja on turhauttavan vaikea. Välttämättä tällöin peleissä ei tarvitsisi olla erillisiä vaikeusasteita, joita pelaaja voisi itse valita, vaan tietokone tekisi tämän päätöksen hänen puolestaan. Tätä samaa ideaa voitaisiin myös hyödyntää tietokoneleissä ja simulaatioissa, jossa tarkoituksena on kouluttaa esimerkiksi henkilökuntaa monipuolisesti todellisen tuntuisiin tapahtumiin melko edullisesti.

Vuosina 2017-2022 on gamedeveloper.com alustalla on julkaistu artikkeleja ja katsauksia peleihin, joissa tekoälyä on hyödynnetty niin pelintestauksessa, psykologiaan pohjautuvassa ihmismäisessä reagointikyvyssä kuin myös NPC:n kehittäminen koneoppimisen keinoin. Näissä aiheissa teemana enemmän on ihmismäinen NPC sekä kehitystyön helpottaminen ja tehostaminen tekoälyn keinoin kuin suoranainen pelikokemuksen lisääminen.

Pelintestaus on perinteisesti ollut kallista ja vienyt melkoisesti aikaa, kun testihenkilöt ovat kokeilleet peliä mahdollisimman monipuolisesti. Ihmiset eivät kuitenkaan ole hyviä pitkän ajan testaamiseen, sillä ihmisiin vaikuttavat erilaiset henkiset psykologiset tekijät, joka vaikuttaa ihmisen toimintaan testiympäristössä. Tästä johtuen ihmisten kyky toimia tehokkaasti ja monipuolisesti testihenkilöinä ajan lisääntyessä, jolloin hyötysuhde heikkenee melkoisesti.

Tekoälypohjaisessa pelintestauksessa NPC-hahmolla ei kuitenkaan ole samoja ajasta johtuvia heikentäviä tekijöitä kuin ihmisellä. Tietokone kykenee suorittamaan testejä väsymättä nopeammin uudelleen ja uudelleen vaihtamalla vain hieman toimintaansa joka kierroksella. Tällöin pelintestaukseen kuluu vain pieni osa siitä ajasta, jota ihmisellä menee yhtä laajan kokonaisuuden testaamiseen.

Vastaavasti tekoälyä voisi hyödyntää itsensä kehittämiseen niin, että kehitystyön resursseja olisi mahdollista kohdistaa toisiin osa-alueisiin. Tämä on mahdollista koneoppimisen avulla, jossa NPC taistelee itsensä kaltaista hahmoa tai muuta hahmoa vastaan lukemattomia kertoja. Joka kierroksella NPC oppisi hieman paremmaksi ja tehokkaammaksi, jolloin pelinkehittäjän tarvitsisi vain luoda vankka pohja, jonka perusteella koneoppimista olisi mahdollista lähteä hyödyntämään.

Tekoälypohjainen pelintestaus kuitenkin vaatii suunnittelulta lisäponnistuksia palautejärjestelmältä, sillä tietokone ei kykene kertomaan kehityskohteista samalla lailla kuin

ihminen, vaan tietokoneen toimia tulee pystyä tulkitsemaan oikein ja tekemään muutokset tämän pohjalta. Tästä johtuen paras tulos saadaan mahdollisesti pelintestauksella, johon osallistuu pienemmässä ajanjaksossa niin ihmisiä kuin myös tekoälyn ohjaamia hahmoja. Näitä tuloksia yhdistelemällä saadaan todennäköisemmin laaja ja kattava testaus samalla, kun kustannukset pysyvät hallinnassa.

Pelinkehityksessä on vuosien 2017-2022 aikana myös keskitytty NPC:n käyttäytymiseen ja toimintaan mahdollisimman ihmismäisen NPC:n suunnitteluun psykologisista lähtökohdista, joissa NPC hahmon tulee olla yhdenmukainen pelaajan odotuksiin niin fyysisen, biologisen kuin psykologisen käyttäytymisen näkökulmasta. Mikäli nämä kolme käyttäytymisen osaluuetta saadaan yhdistettyä toimivaksi kokonaisuudeksi, niin NPC:n toiminta saattaa hyvin muistuttaa melko todentuntuista.

Mikäli tällaiselle jo ennaltaan todentuntuiselle hahmolle saadaan kehitettyä syvällisiä ja ainutlaatuisia luonteenpiirteitä ja persoonallisuuksia, on mahdollista saada luotua merkittäviä hahmoja. Tällaiseen NPC:hen pelaajan olisi helppoa luoda vahva tunneside, olipa se sitten mukana kulkeva kumppani tai halveksittava päävihollinen. Lisäksi tällainen tekoälyn käyttäytyminen ja toiminta mahdollistaisi mahdollisesti ennennäkemättömän vuorovaikutuksen, joka mahdollisesti koskettaisi pelaajaa tämän perustavanlaatuisista sosiaalisista lähtökohdista.

Kun tarkastellaan näitä tieteellisten artikkelin ja pelinkehityksen julkaisuja kappaleen 1.2 pelien tekoälyn käyttösovelluksien matriisin perusteella, huomataan, että tieteellisten julkaisujen aihepiiri on selkeämmin aihealueille, jotka ovat perinteisemmin olleet pelinkehittäjien pääkohteita, kuten NPC:n toiminta ja vuorovaikutus niin yksilönä kuin myös ryhmänä. Vaikka tieteellisten julkaisujen aihe on vaikuttaisi olevan merkittävästi lähentynyt pelinkehittäjien aiheita, vaikuttaisi näkökulmassa kuitenkin olevan eroa. Tieteelliset pyrkivät edelleen laajentamaan rajoja, lisäämään ominaisuuksia ja kehittämään uusia teknologioita, vaikkakaan ei tehokkaamman tietokoneen luomiseksi, vaan pikemminkin ihmisen ja tietokoneen välisen kommunikaation lisäämiseksi yhteensovittamiseksi. Tämä kommunikaation lisääminen venyttäisi rajoja sosiaalisuuden ja kanssakäynnin näkökulmasta, joka mahdollistaisi vahvemman yhteyden pelaajan ja tietokoneen välillä joko samassa ryhmässä tai opiskelijaopettaja vuorovaikutussuhteessa.

Pelinkehityksen puolestaan lähtökohtana ja kehityksen näkökulma vaikuttaisi olevan oman työ ja käytännön kehittämisen helpottaminen perinteisempien aihealueiden lisäksi. Vaikka

NPC:n kehittäminen on yhä merkityksellistä pelin syvyyden ja monipuolisuuden lisäämiseksi, tekoäly on tuonut mukanaan paljon uusia työkaluja, joilla pelinkehittäjä pystyy huomattavasti tehostamaan omaa työtään. Näin tekoälystä on tullut selkeämmin pelin sisällön ja NPC:n opettamisen ja pelintestauksen työkalu, jonka avulla on mahdollista tehostaa pelinkehityksen prosesseja, jotka ovat aikaisemmin vaatineet itsessään suuren työpanoksen. Tämä kehityssuunta on ei siis niinkään vaikuta enää NPC:n kehitysalueilla, vaan se pikemminkin uudelleen muokkaa pelinsuunnittelun työnkuvaa ja vanhoja rakenteita, jonka pohjalle pelinkehitys on ajan kuluessa rakentunut.

Näiden kehityskohteiden pohjalta on mielenkiintoista jatkojalostaa ideoita, joihin tekoälyn kehitys mahdollisesti johtaa. Tällainen on esimerkiksi tilanne, jossa NPC:n kehitys on viety niin pitkälle, että NPC:lle saadaan luotua niin vahva persoona, että pelaaja jatkaa peliä osittain tämän takia paljon pidemmälle kuin hän olisi muuten pelannut. Voiko NPC:stä syntyä merkittävä pelikokemuksen motivaatiotekijä, jotka takia pelaaja jatkaa peliä vain sen takia, että pelaaja puhtaasti nauttii NPC:n kanssa pelaamisesta sen sijaan, että motivaattorina olisi esimerkiksi perinteisempi pelin voittaminen. Toinen mielenkiintoisen skenaario olisi niin luonnollisten eläinhahmojen kehitys, että niiden toiminta perustuisi lajin ominaisiin tapoihin. Tällaisessa tapauksessa koneoppiminen pystyisi esimerkiksi luomaan susilauman jäsenille persoonallisuudet, että ne olisi mahdollista erottaa toisistaan käyttäytymisen perusteella sekä luomaan todentuntuisen tilanteen, jossa kyseisen susilauma teistelisi pentuettaan suojelevan karhun kanssa niin, että molemmat hyödyntäisivät vahvuuksiaan ja heikkouksiaan. Vaikka NPC:n kehityksessä on päästy jo pitkälle, niin yhä on monia osa-alueita, joita pystyi yhä kehittämään paremmaksi.

Uskallan jopa väittää tekoälyn olevan tällä hetkellä jo sillä tasolla, että sen avulla pystytään vaikuttamaan pelinkehityksen prosesseihin ja vanhoihin lähtökohtiin, joiden pohjalle pelinkehitys on ajan saatossa rakentunut. Tekoäly kykenee yhä kasvavissa määrin tukemaan pelinkehitystä sen kaikilla osa-alueilla, jolloin en avulla voidaan luoda todella helposti uutta sisältöä kuten karttoja ja pelimaisemia, videoita, tekstiä, puhetta ja sitä voidaan hyödyntää vihollisten suunnitteluun ja kehittämiseen. Tämä edistys tekoälyn kehityksessä saattaa muodostaa pelinkehityksen murroksen, jossa yhä kasvava määrä pelistä on puhtaasti tekoälyn luomaa.

## Lähteet

- Ali, S., Park, H. W., & Breazeal, C. (2020). Can Children Emulate a Robotic Non-Player Character's Figural Creativity? *CHI PLAY 2020 - Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, 499–509. <https://doi.org/10.1145/3410404.3414251>
- Aljammaz, R., Oliver, E., Whitehead, J., & Mateas, M. (2020). Scheherazade's Tavern: A Prototype for Deeper NPC Interactions. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3402942.3402984>
- Andrus, B., & Fulda, N. (2020). Immersive Gameplay via Improved Natural Language Understanding. *ACM International Conference Proceeding Series*, 6–9. <https://doi.org/10.1145/3402942.3403024>
- Autodesk. (2021). As demand rises, Autodesk looks to the next decade of game development. *Game Developer*. <https://www.gamedeveloper.com/art/as-demand-rises-autodesk-looks-to-the-next-decade-of-game-development>
- Botta, M. (2015). Infected AI in the last of us. *Game AI Pro 2: Collected Wisdom of Game AI Professionals*, 407–418. <https://doi.org/10.1201/b18373>
- Coman, A., & Muñoz-Avila, H. (2013). Automated generation of diverse NPC-controlling FSMs using nondeterministic planning techniques. *Proceedings of the 9th AAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment, AIIDE 2013, 1*, 121–127. <https://doi.org/10.1609/aiide.v9i1.12666>
- Compton, C. (2021). Training Virtual Creatures with Reinforcement Learning and Genetic Algorithms. *Game Developer*. <https://www.gamedeveloper.com/programming/training-virtual-creatures-with-reinforcement-learning-and-genetic-algorithms>
- Djalilian, A. (2018). Leveling the Playing Field. *Ocular Surface*, 16(4), 393. <https://doi.org/10.1016/j.jtos.2018.08.007>
- Drake, J. (2018). Planning for Non-Player Characters by Learning From Demonstration. *Teoksessa Scholarly Commons*. <https://www.proquest.com/docview/2055797819/>
- Fraser, J., Papaioannou, I., & Lemon, O. (2018). Spoken conversational AI in video games – Emotional dialogue management increases user engagement. *Proceedings of the 18th International Conference on Intelligent Virtual Agents, IVA 2018*, 179–184. <https://doi.org/10.1145/3267851.3267896>
- Frommel, J., Phillips, C., & Mandryk, R. L. (2021). Gathering Self-Report Data in Games Through NPC Dialogues: Effects on Data Quality, Data Quantity, Player Experience, and Information Intimacy. *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–12. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445411>
- Gorshkov, V., & Zagarskikh, A. (2019). Development of Tactical Level AI for Melee and Range Combat. *Proceedings of the 2019 3rd International Symposium on Computer Science and Intelligent Control*, 1–5. <https://doi.org/10.1145/3386164.3386178>
- Hendricks, T. (2022). Don't Act, Behave: Performant Neural Networks in Breaking Away From Real-time Over this period of research I focused on training Neural Networks to generate plans and control Planning a Double Jump. *Game Developer*. <https://www.gamedeveloper.com/design/don-t-act-behave-performant-neural-networks-in-game-ai>

- Isla, D. (2005). GDC 2005 Proceeding: Handling Complexity in the Halo 2 AI. Game Developer. <https://www.gamedeveloper.com/programming/gdc-2005-proceeding-handling-complexity-in-the-i-halo-2-i-ai>
- Lim, N. (2018). Demystifying the Artificial Intelligence (AI) hype for game developers. Game Developer. <https://www.gamedeveloper.com/business/demystifying-the-artificial-intelligence-ai-hype-for-game-developers>
- Liu, Y. (2022). The emotional experience of interaction with NPCs in RPG games. Game Developer. <https://www.gamedeveloper.com/game-platforms/the-emotional-experience-of-interaction-with-npcs-in-rpg-games>
- Lucci, S., & Kopec, D. (2018). *Artificial Intelligence in The 21st century* (2. laitos). Mercury Learning and Information.
- Martin, W. (2014). Modeling AI Perception and Awareness in Splinter Cell: Blacklist. Game Developers Conference. <https://www.youtube.com/watch?v=RFWrKHM0vAg>
- Maus, A. (2022). Devlog 2 - Using Machine Learning to Create AI Opponents. Game Developer. <https://www.gamedeveloper.com/design/devlog-2---using-machine-learning-to-create-ai-opponents>
- Mozgovoy, M., Preuss, M., & Bidarra, R. (2021). Team Sports for Game AI Benchmarking Revisited. *International Journal of Computer Games Technology*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5521877>
- Nareyek, A. (2007). Game AI is dead. Long live game AI! *IEEE Intelligent Systems*, 22(1), 9–11. <https://doi.org/10.1109/MIS.2007.10>
- Neumann, A. (2019). An in depth look at AI in games. Game Developer. <https://www.gamedeveloper.com/business/an-in-depth-look-at-ai-in-games>
- Nivala, A. (2019, maaliskuuta). Onko tekoälyä olemassa? *Niin ja Näin* 19(3), 19–25.
- Ocio Barriales, S. (2021). You had me at "AAAAHHH" – On the importance of reactions in game. *Game AI Pro 4 - Online Edition*, 1–8.
- Perez-Liebana, D., Liu, J., Khalifa, A., Gaina, R. D., Togelius, J., & Lucas, S. M. (2019). General video game AI: A multitrack framework for evaluating agents, games, and content generation algorithms. *IEEE Transactions on Games*, 11(3), 195–214. <https://doi.org/10.1109/TG.2019.2901021>
- Perrie, J., & Li, L. (2014). Building a Dynamic Social Community with Non Playable Characters. *IEICE transactions on information and Systems*, E97-D(8), 1965–1973.
- Philezwini Sithungu, S., & Marie Ehlers, E. (2020). A Reinforcement Learning-Based Classification Symbiont Agent for Dynamic Difficulty Balancing. *Proceedings of the 2020 3rd International Conference on Computational Intelligence and Intelligent Systems*, 15–23. <https://doi.org/10.1145/3440840.3440856>
- Protsenko, S. (2022). Playtesting with AI - a new game changer in game development. Game Developer. <https://www.gamedeveloper.com/disciplines/playtesting-with-ai---a-new-game-changer-in-game-development>
- Reich, W. (2022). The future of interactive characters, part 1 / 4 : Twelve basic principles of behavior. Game Developer. <https://www.gamedeveloper.com/design/the-future-of-interactive-characters-part-1-4-twelve-basic-principles-of-behavior>

- Ripamonti, L. A., Gratani, S., Maggiorini, D., Gadia, D., & Bujari, A. (2017). Believable group behaviours for NPCs in FPS games. *Proceedings - IEEE Symposium on Computers and Communications, Iscc*, 12–17. <https://doi.org/10.1109/ISCC.2017.8024497>
- Shah, H. (2022). 10 Game Development Trends to Watch Out for in 2020. Game Developer. <https://www.gamedeveloper.com/design/10-game-development-trends-to-watch-out-for-in-2020>
- Shih, Jeffrey; Teng, Erwin; Nihlsson, R. (2020). Machine Learning Summit: Successfully Use Deep Reinforcement Learning in Testing and NPC Development. Game Developers conference, GDC20. <https://www.youtube.com/watch?v=Q5RAE73zCKQ>
- Smed, J., & Hakonen, H. (2017). *Algorithms and Networking for Computer Games* (2. laitos). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119259770>
- Smith, R. (2022). Applying AI Deep Learning to the DOD's big simulation and training projects. *Proceedings of the 2022 ACM SIGSIM Conference on Principles of Advanced Discrete Simulation*, 113–117. <https://doi.org/10.1145/3518997.3534118>
- Svelch, J. (2020). Should the Monster Play Fair. *The international journal of computer game research*, 20(2). [http://gamestudies.org/2002/articles/jaroslav%5C\\_svelch](http://gamestudies.org/2002/articles/jaroslav%5C_svelch)
- Thompson, T. (2022). Bringing Balance to Stealth AI in Splinter Cell : Blacklist The Challenge of Stealth AI The Four Pillars of Stealth AI. Game Developer. <https://www.gamedeveloper.com/design/bringing-balance-to-stealth-ai-in-splinter-cell-blacklist>
- Wehbe, R. R., Riberio, G., Fung, K. P., Nacke, L. E., & Lank, E. (2019). Biologically-inspired gameplay: Movement algorithms for artificially intelligent (AI) non-player characters (NPC). *Proceedings - Graphics Interface, 2019-May*.
- Yannakakis, G. N., & Togelius, J. (2018). *Artificial Intelligence and Games*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-63519-4>
- Zhang, Q., & MacLellan, C. J. (2022). (A)I Will Teach You to Play Gomoku: Exploring the Use of Game AI to Teach People. Teoksessa *Proceedings of the Ninth ACM Conference on Learning @ Scale (L@S '22)*, June, 2022, New York City, NY, USA (Vsk. 1, Numero 1). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3491140.3528331>