

# Tekoälymenetelmien hyödyntäminen roolipelien NPC-hahmoissa

TURUN YLIOPISTO  
Tietotekniikan laitos  
TkK-tutkielma  
Tietotekniikka  
Tammikuu 2025  
Paavo Westerlund

TURUN YLIOPISTO  
Tietotekniikan laitos

PAAVO WESTERLUND: Tekoälymenetelmien hyödyntäminen roolipelien NPC-hahmoissa

TkK-tutkielma, 33 s.  
Tietotekniikka  
Tammikuu 2025

---

Lähes kaikissa videopeleissä on tietokoneen kontrolloimia hahmoja, eli niin kutsuttuja NPC-hahmoja. Nämä hahmot ovat tärkeässä asemassa tietokoneroolipeleissä, joissa tarina ja hahmot usein korostuvat muita genrejä enemmän. Tutkielmassa käsitellään roolipelien NPC-hahmojen tekoälyllä toteutettavia ominaisuuksia ja näihin käytettäviä konkreettisia menetelmiä. NPC-hahmojen tekoäly on tärkeässä roolissa pelien immersivisyyden ja mielekkyyden sekä siten pelikokemuksen kasvattamisessa. Tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena, jonka pohjalta pyrittiin vastaamaan asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Kirjallisuuskatsauksen pääaineistona oli tutkimusartikkeleita, joita tuettiin erinäisillä muilla lähteillä. Tarkoituksena oli koota kirjallisuutta yhteen ja pyrkiä havainnollistamaan NPC-hahmojen ja tekoälyn suhdetta.

Kirjallisuuskatsauksen pohjalta havaittiin NPC-hahmojen tekoälyllä toteutettaviin ominaisuuksiin kuuluvan päätöksenteko, käyttäytyminen, persoonallisuus, polunetsintä, dialogit sekä DDA. Näistä muodostettiin eri ominaisuuksien yhteyksiä havainnollistava malli. Ominaisuuksien toteutusmenetelmiä roolipeleissä löydettiin useita eri tyyppisiä. Löydettyihin menetelmiin lukeutuvat esimerkiksi käytöspuut, tilakoneet, IDA\* ja neuroverkot. Näiden toimintaa avattiin enemmän yleisellä tasolla. Lopuksi tarkasteltiin rajoitteita ja jatkotutkimusmahdollisuuksia sekä koottiin tutkielman sisältöä yhteen.

Asiasanat: videopelit, NPC, non-player character, tekoäly, roolipelit, RPG

# Sisällys

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Tausta</b>	<b>4</b>
2.1	Roolipelit . . . . .	4
2.2	Pelitekoäly . . . . .	6
2.3	NPC-hahmot . . . . .	8
<b>3</b>	<b>NPC-hahmojen ominaisuudet</b>	<b>10</b>
3.1	Aineisto . . . . .	10
3.2	NPC-hahmojen ominaisuudet . . . . .	12
3.3	Tukevat ominaisuudet . . . . .	17
3.4	Yhteenvedo . . . . .	18
<b>4</b>	<b>NPC-hahmojen ominaisuuksien toteutusmenetelmät</b>	<b>19</b>
4.1	Käyttäytymisen suunnittelu . . . . .	21
4.2	Polunetsintä . . . . .	25
4.3	Koneoppiminen . . . . .	26
4.4	Hybridimallit . . . . .	29
4.5	Kehykset . . . . .	29
4.6	Yhteenvedo . . . . .	30
<b>5</b>	<b>Pohdinta</b>	<b>31</b>

5.1 Tutkimuskysymyksiin vastaaminen . . . . .	31
5.2 Rajoitukset ja jatkotutkimus . . . . .	32
5.3 Yhteenveto . . . . .	33
<b>Lähdeluettelo</b>	<b>34</b>

# Kuvat

2.1	Kuvakaappaus roolipelistä Dragon's Dogma 2 . . . . .	5
2.2	Pelitekoälymalli . . . . .	7
3.1	NPC:iden ominaisuudet . . . . .	13
4.1	Tilakone . . . . .	22
4.2	Käytöspuu . . . . .	23

# Taulukot

1.1	Hakutietokantojen tulokset . . . . .	2
3.1	Aineistossa esiintyvät roolipelien NPC:iden ominaisuudet . . . . .	11
4.1	Toteutusmenetelmät . . . . .	20

# 1 Johdanto

Videopeleistä, kuten konsoli-, mobiili- ja tietokonepeleistä, on tullut merkittävä viihteen muoto eri ihmisryhmien keskuudessa. Pelaajamäärät ovat jatkuvasti kasvaneet ja nykyään maailmanlaajuisesti videopelejä pelaakin vuosittain jo noin 2,6 miljardia ihmistä [1]. Videopelien genreistä eniten pelaajia on ammuntapeleillä, mutta niin kutsuttujen tietokoneroolipelien (CRPG, lyhyemmin RPG - role-playing game) yhteenlaskettu pelaajamäärä ylittää toiselle sijalle [2]. Tietokoneroolipelien genre on laaja sekä ajallisesti että sisällöllisesti. Ajallista laajuutta edustaa esimerkiksi vuoden 1994 *The Elder Scrolls: Arena*<sup>1</sup>, kun taas sisältöä sivujuonistaan ja ei-pelaajahahmoistaan tunnettu *The Witcher 3: Wild Hunt*<sup>2</sup>.

Genrenä RPG, niin kuin muutkin videopelien genret, sisältää tekoälyä eri muodoissa ja rooleissa. Tämän niin kutsutun pelitekoälyn (engl. game AI) tehtävänä on parantaa pelaajan pelikokemusta. Lähes minkä tahansa yksinpelattavan roolipelin ytimessä ovat tarinan ohella ei-pelaajahahmot (engl. non-player character, NPC). Pelitekoäly on olennainen osa NPC:iden toteutusta ja niiden tarkoituksenmukainen toiminta tekoälymenetelmien avulla onkin pelikokemuksessa keskeinen [3]. Tekoäly on kehittynyt monilta osin merkittävästi viime vuosina, ja NPC-hahmot voivat hyötyä näistä muiden sovelluskohteiden tavoin. NPC:iden tekoälyn tutkiminen ja kehittäminen ovat siis erittäin tärkeässä osassa pelien aitouden, immersiiivisyyden ja mielekkyyden sekä siten pelikokemuksen kasvattamisessa.

---

<sup>1</sup>The Elder Scrolls: Arena, Bethesda Softworks, <https://elderscrolls.bethesda.net/arena>

<sup>2</sup>The Witcher 3: Wild Hunt, CD Projekt, <https://www.thewitcher.com/witcher3>

Tutkielmassa tarkoituksena on tarkastella tekoälymenetelmien hyödyntämistä tietokoneroolipelien NPC-hahmoissa. Tutkielmassa pyritään vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

**TK1:** Mitä NPC:iden ominaisuuksia on mahdollista toteuttaa koneoppimisratkaisujen ja muiden tekoälypohjaisten menetelmien avulla roolipeleissä?

**TK2:** Millä konkreettisilla menetelmillä näitä löydettyjä ominaisuuksia voidaan toteuttaa?

Tutkielman toteutustapana on kirjallisuuskatsaus, jonka perusteella pyritään vastaamaan esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Hakutietokantoina käytettiin Scopus-ta ja Google Scholaria. Scopus on tiivistelmä- ja sitaattitietokanta, kun taas Google Scholar puolestaan indeksoi näiden lisäksi myös kokotekstejä. Hakutietokannoista löydettyjen artikkeleiden lähteistäkin löydettiin joitakin käytettäväksi. Hakutermeinä käytettiin yhdistelmiä termeistä ”npc”, ”non-play\* character”, ”artificial intelligence”, ”machine learning”, ”rpg” ja ”role-play\* game”. Näitä termejä yhdisteltiin käyttäen boolean operaattoreita AND ja OR. Taulukko 1.1 kuvastaa hakutietokannoista löydettyjen artikkelien määrää. Nämä löydetyt artikkelit ovat nähtävissä tarkemmin sivulla 11 taulukossa 3.1.

Taulukko 1.1: Hakutietokantojen tulokset

Hakutietokanta	Tulosmäärä	Valittiin
Google Scholar	>1000	2
Scopus	70	12

Kirjallisuuskatsauksen tuloksia rajattiin jättämällä pois lähteet, jotka liittyivät hyötypeleihin (engl. serious games), spesifisti massiivisiin monen pelaajan verkkoroolipeleihin (MMORPG), metaverseen ja virtuaaliseen todellisuuteen sekä aiheisiin, jotka eivät täysin vastanneet haluttua. Tutkimusten julkaisuajassa painotettiin uudempia julkaisuja ensisijaisesti aikavälillä 2020–2024. Tätäkin vanhempia otet-



---

tiin mukaan, mikäli ne olivat erityisen sopivia. Tutkimusta NPC:istä pelkästään roolipeleissä oli hyvin niukasti saatavilla. Tutkielmassa käsitellään ainoastaan tietokoneroolipelejä ja käytetään niistä lisäksi termiä roolipelit sekä lyhennettä RPG tarkoittamaan samaa asiaa.

Tämän tutkielman toisessa luvussa avataan NPC:iden taustaa sekä RPG-genreä ja pelitekoälyä tarkemmin. Tutkielman kolmannessa luvussa tarkastellaan, minkälaisia NPC:iden ominaisuuksia on mahdollista toteuttaa tekoälyä hyödyntäen. Tämän jälkeen neljännessä luvussa perehdytään näiden löydettyjen ominaisuuksien varsinaisiin toteutuksiin, eli tarkastellaan minkälaisia tekoälymenetelmiä on mahdollista hyödyntää. Lopussa vastataan kootusti tutkimuskysymyksiin ja tarkastellaan aiheen mahdollisia jatkotutkimusmahdollisuuksia.

## 2 Tausta

Tämän luvun tarkoituksena on avata tutkielmassa olennaisia käsitteitä. Luvussa käsitellään NPC:iden taustaa ja lisäksi esitellään RPG-genre ja pelitekoäly tarkemmin. Aluksi roolipeligenrestä tuodaan esille sen ominaispiirteitä ja tarkennetaan hieman sitä, miten NPC:t esiintyvät siinä. Tämän jälkeen avataan pelitekoälyä enemmän pintapuolisesti ja yleisellä tasolla. Lopuksi avataan NPC:itä hieman ja tarkastellaan niiden luonnetta peleissä sekä sitä, mikä tekee niistä pelaajan kannalta hyvän.

### 2.1 Roolipelit

Roolipelit on yksi videopelien genreistä, ja niiden juuret ovat *Dungeons & Dragons* -pöytäroolipelissä. RPG ei ole absoluuttinen käsite ja monilla pelien kehittäjillä sekä pelaajilla onkin eriävä näkemys genren ominaispiirteistä [4]. Isoa osaa tulkinnoista voisi kuvailla yhdistävän näkemys, että genrelle ominaista on tarinan ja sivutehtävien suorittaminen maailmassa, jossa pelaaja hallitsee yhtä tai useampaa ominaisuuksiltaan kehitettävää hahmoa [5]. Monet nykyaikaiset roolipelit ovat sekä pelimaailman että tarinansa puolesta kasvaneet erittäin laajoiksi kokonaisuuksiksi. Jotta peli ja sen tarina välittyvät laajuudesta huolimatta pelaajalle suunnitellulla ja yhtenäisellä tavalla, tarvitaan pelin kontekstissa toimivia sekä älykkäitä NPC:itä herättämään tarina ja maailma pelaajalle eloon.

Roolipelit ovat genrenä yläkäsite ja ne pitävät sisällään erilaisia alagenrejä. Nämä voidaan jakaa karkeasti kahteen alatyyppiin, jotka ovat läntiset roolipelit (WRPG)



Kuva 2.1: Kirjoittajan ottama kuvakaappaus roolipelistä *Dragon's Dogma 2*.

ja japanilaiset roolipelit (JRPG). Genret määräytyvät enemmän pelin toteutuksen ja tyylilajin mukaan, eivätkä absoluuttisesti pelistudion maantieteellisen sijainnin perusteella. WRPG ja JRPG ovat myös vielä karkeita käsitteitä ja peleillä on näiden lisäksi myös muita tarkempia alagenrejä. Näistä melko vakaita ja pysyviä ovat esimerkiksi taktiset roolipelit, toimintaroolipelit (ARPG) sekä roguemaiset (engl. roguelike) roolipelit. Taktiset roolipelit keskittyvät vahvasti ennalta määritettyihin taisteluihin, kun taas toimintaroolipeleille tyypillisiä ovat reaaliaikataistelut ja yksinkertaisempi hahmon kehittäminen. Roguemaisten määritellään yleensä toteuttavan yhden tai useamman seuraavista: luolastojen (engl. dungeon) proseduraalinen generointi, vuoropohjainen pelaaminen ja pelin uudelleen aloittaminen kuoltaessa (engl. permadeath). Lisäksi voidaan tunnistaa niin sanottuja hybridiroolipelejä, joissa genret sekoittuvat, eivätkä siksi täysin puhtaasti sovi roolipelien muottiin. [6] Tutkielmassa mainituista peleistä suurin osa kuuluu ylemmällä tasolla läntisiin roolipeleihin ja alemmalla toimintaroolipeleihin.

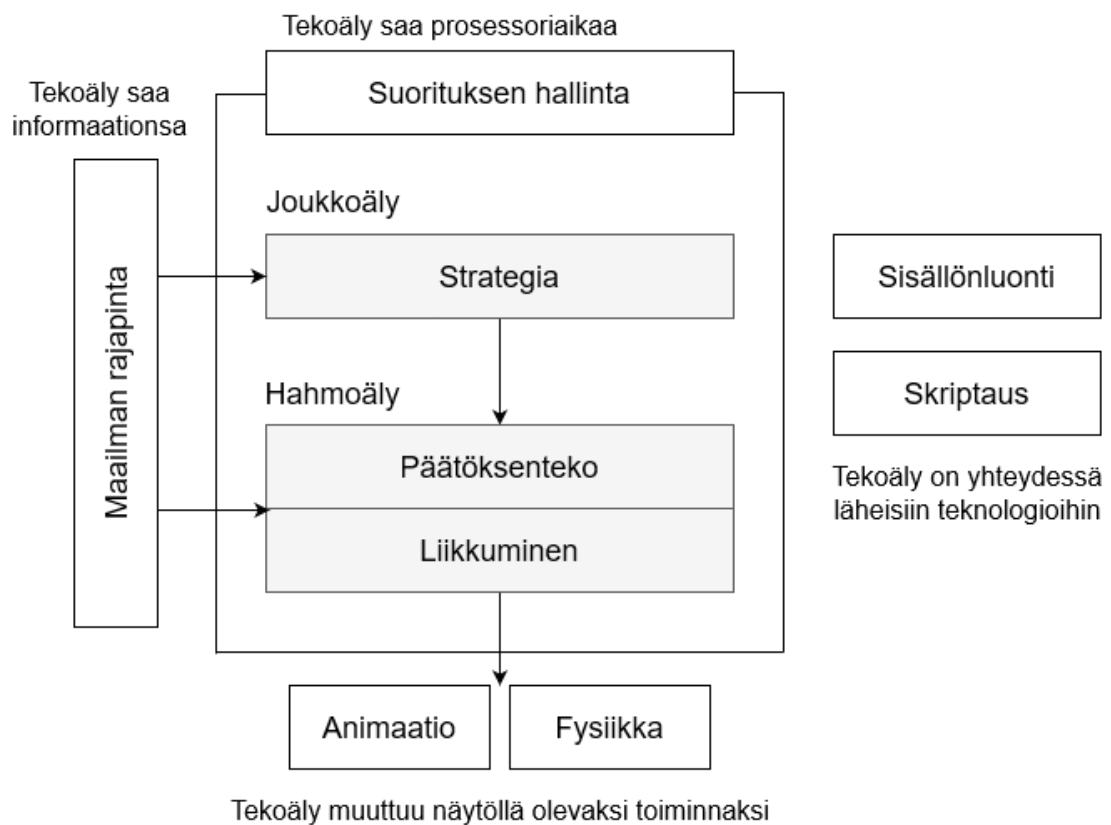
## 2.2 Pelitekoäly

Tietokonepelien tekoälyn, eli pelitekoälyn, voidaan määritellä olevan ne ohjelmakoodin komponentit, jotka ovat vastuussa älykkään käyttäytymisen suorittamisesta pelin eri elementeissä. Pelitekoäly ja NPC-hahmot eivät ole sama asia; pelitekoäly käsittää paljon muitakin pelin osia, ja NPC-hahmot koostuvat esimerkiksi ulkonäöllisistä seikoista pelitekoälyn lisäksi. Pelitekoälyn tarkoituksena on kaupallisissa peleissä luoda pelaajalle ennalta arvattavia, ennalta arvaamattomia, haastavia ja mielenkiintoisia valintoja mahdollistavia asioita [3]. Niiden lisäksi sen on yleensä oltava pelaajalle mieluista, kun taas akateeminen pelitekoäly keskittyy usein itse pelaajan roolissa toimimiseen ja pyrkii olemaan siinä mahdollisimman hyvä. Akateemisesta pelitekoälystä eroten myös Pfaun ym. [7] kyselyssä olleiden pelinkehittäjien mukaan pelitekoälyn pitäisi olla helppoa kehittää eikä se saisi liiaksi vaikuttaa pelin suorituskykyyn. [8]

Pelitekoälyn piiriin kuuluu niin pelin itsensä pelaaminen, pelisisällön luominen kuin pelaajien mallintaminen [8]. Pelitekoälystä näkyvin ja mahdollisesti tätä kautta tärkein osa on pelin pelaaminen NPC:iden roolissa. Pelitekoäly voidaan myös luokitella kolmeen osa-alueeseen: hahmotekoälyyn, metatekoälyyn ja navigointitekoälyyn [9]. Kyseisessä mallissa hahmotekoäly ottaa vastuun pelin pelaamisesta NPC-roolissa, metatekoäly huolehtii laajemmasta pelin hallinnasta ja navigointitekoäly syöttää näille kahdelle muulle tietoa pelimaailmasta mahdollistaakseen niiden dynaamisen toiminnan. Nämä kaikki siis vaikuttavat osaltaan NPC:iden toimintaan ja tutkielmassa tarkastellaankin NPC:iden tekoälyä yli luokittelurajojen.

Pelitekoälyä voidaan myös mallintaa kuvan 2.2 mukaan. Kuva havainnollistaa pelitekoälyn virtausta. Se kuvaa koko järjestelmän olevan yhteydessä läheisiin teknologioihin ja havainnollistaa eri toimintojen päättymistä pelimoottorin konkreettisiin toimintoihin fysiikkaan ja animointiin [10]. Luvussa yllä esiteltyjen mallien tavoin se myös koostuu useammasta osasta, mutta on kuitenkin hyvin hahmokeskeinen

ja jättää pelisisällön luonnin ulkopuoliseksi komponentiksi. Tämä malli sisällyttää osaltaan kaikki lähteessä [9] esitellyn mallin osa-alueet. Hahmotekoäly on suoraan nähtävissä, kun taas navigointiäly jakautuu maailman rajapintaan ja hahmoälyn liikkumiseen. Metatekoäly puolestaan ulottuu suorituksen hallintaan, maailman rajapintaan sekä joukkojen strategiaan. Nämä kaikki pelitekoälyn erilaiset muodot ja mallit nivoutuvat yhteen ja konkretisoituvat pelaajalle parhaiten NPC-hahmojen sekä niiden älykkään käyttäytymisen muodossa.



Kuva 2.2: Millingtonin [10] pelitekoälymalli suomennettuna. Malli jakaa pelitekoälyn liikkumiseen, päätöksentekoon ja strategiaan, joista ensimmäiset toimivat hahmotasolla ja jälkimmäinen joukkotasolla. Näiden kolmen elementin ympärillä on joukko lisäinfrastruktuuria.

## 2.3 NPC-hahmot

Pelimaailmat lähes genrestä ja pelistä riippumatta sisältävät pelaajan lisäksi muita hahmoja joissain rooleissa. Nämä hahmot, eli NPC:t, ovat tietokoneen kontrolloimia hahmoja, joiden käyttäytymistä ja toimintoja ohjaavat erilaiset tekoälymenetelmät. Näihin toimintoihin kuuluvat muun muassa päätöksenteko ja polunetsintä, joita voidaan toteuttaa erinäisin menetelmin äärellisistä automaateista (engl. finite state machine, FSM) aina skriptaukseen ja käytöspuihin (engl. behaviour tree, BT). Yleisesti voidaan todeta, että NPC:iden tekoäly ei voi olla liian suorituskykyistä tai virheetöntä pelikokemuksen säilyttämiseksi, ja monesti pelikehittäjät pyrkivätkin illuusioon älykkyydestä [11]. [8]

NPC:iden voidaan ajatella kuuluvan kahteen luokkaan: voitosta pelaamiseen tai kokemuksesta pelaamiseen. Voitosta pelaaminen on epätavallisempi muoto, jota harvemmin etenkin roolipelien yhteydessä käytetään. Kokemuksesta pelaaminen sen sijaan on peliteollisuudessa lähes poikkeuksetta käytetty NPC:iden muoto. Tällaisen hahmon tavoitteena on olla pelikokemusta edistävä agentti, joka ei yleensä pyri pärjäämään parhaalla mahdollisella tavalla. [8] Se siis pyrkii voiton sijasta parantamaan pelaajan immersiota ja pelikokemusta. Pelien välillä voi olla merkittäviäkin eroja kokemuksesta pelaavien NPC:iden haluttujen ominaisuuksien merkityksessä. Esimerkiksi toimintaroolipelien alaluokka soulslikeen kuuluvissa peleissä vihollismieliset NPC-hahmot ovat usein äärimmäisen vaikeita [12] tasapainotellen pelaajakokemuksen ja voittamisen rajalla.

Roolipelien NPC-hahmot voivat pelien sisälläkin erota hyvin paljon toisistaan. Esimerkiksi Capcomin *Dragon's Dogma*<sup>1</sup> -pelisarja on tunnettu sen pelinappulajärjestelmästä (engl. pawn system), jossa pelaajan mukana kulkee yhdestä kolmeen pelinappulasta koostuva seurue (kuva 2.1). Pelissä on myös lukuisia muita NPC:itä aina vihamielisistä lohikäärmeistä ystävällisiin kauppiaisiin. Roolipelien ehkäpä tär-

---

<sup>1</sup>Dragon's Dogma, Capcom, <https://www.dragonsdogma.com>

keimmän tyyppinen NPC on tarinaa edistävä sivuhahmo. Näiden on tavallisten NPC:iden ominaisuuksien lisäksi pystyttävä toimimaan tarinaa edistävästi dialogeillaan ja mahdollisesti muillakin ominaisuuksillaan.

NPC:issä on niiden historian aikana hyödynnetty laajaa kirjoa erilaisia tekoälymenetelmiä. Sääntöpohjaiset pelien tekoälyjärjestelmät ovat vieläkin laajalti käytössä, mutta uudempiakin menetelmiä on olemassa. Koneoppiminen ja syväoppiminen ovat kivunneet aivan tekoälytutkimuksen huipulle videopelien ulkopuolella jo pidemmän aikaa. Videopeleissä koneoppiminen voi koitua ongelmaksi rikkoessaan pelin liian suorituskykyisillä NPC:illä [8]. Videopeleissä on kuitenkin käytetty jonkin verran koneoppimista, mutta sen soveltaminen ei ole vielä noussut peliteollisuudessa laajamittaiseen suosioon. Viime vuosina muuntajiin perustuvien suurten kielimallien yleistyttyä niiden mahdollista sulauttamista peleihin on alettu tutkimaan enemmän [13].

## 3 NPC-hahmojen ominaisuudet

Luvun tarkoituksena on vastata tutkimuskysymykseen ”Mitä NPC:iden ominaisuuksia on mahdollista toteuttaa koneoppimiskäytännöiden ja muiden tekoälypohjaisten menetelmien avulla roolipeleissä?”. Luvussa perehdytään NPC:iden ominaisuuksiin, joiden toteutuksessa ja toiminnassa on mahdollista hyödyntää erilaisia tekoälymenetelmiä. Luvussa esitetään taulukko, joka koostaa tutkimusta NPC:iden tekoälystä roolipeleissä ja havainnollistaa, mitä ominaisuuksia on tutkittu ja mahdollisesti missä pelissä. Tämän jälkeen esitetään malli löydetyistä ominaisuuksista ja avataan niitä hieman tarkemmin.

### 3.1 Aineisto

Roolipelien NPC:t koostuvat monista ominaisuuksista, kuten käyttäytymisestä, dialogivaihtoehdoista, animaatiosta ja liikeradoista. Luvussa 3.2 perehdytään näihin ominaisuuksiin tarkemmin. Näistä ominaisuuksista selkeimpiä ja näkyvimpiä pelaajille ovat varmaankin hahmojen polunetsintä ja päätöksenteko. NPC:iden tekoäly voidaan kuitenkin laajentaa käsittämään myös dynaamisen vaikeustason säätämisen (engl. dynamic difficulty adjustment, DDA) ja pelin mukana muuttuvat dialogit. Aineistoon ei ole otettu mukaan artikkeleita, jotka eivät käsittele suoraan roolipelejä. Luvussa 4 sellaisia kuitenkin käytetään toisinaan lähteinä, mutta tämä on ilmaistu ja perusteltu niissä tapauksissa.



Taulukko 3.1: Aineistossa esiintyvät roolipelien NPC:iden ominaisuudet

Artikkeli	Päätöksenteko	Käyttäytyminen	Persoonallisuus	Polunetsintä ja navigointi	Dialogit	DDA	Peli
Primanita ym. [14]				✓			
Oliveira ym. [15]		✓	✓				Conan Exiles
van Stegeren ym. [16]					✓		WoW <sup>a</sup>
Mi ym. [17]		✓				✓	
Aydm ym. [18]		✓	✓		✓		
Ashby ym. [19]					✓		
Guimaraes ym. [20]			✓		✓		Skyrim <sup>b</sup>
Rao ym. [21]		✓	✓		✓		Minecraft <sup>c</sup>
Buongiorno ym. [22]					✓		*
Dai ym. [23]			✓				*
Adamatti ym. [24]	✓						
Bicalho ym. [25]		✓					
Garavaglia ym. [26]			✓				
Rodrigues ym. [27]	✓					✓	*

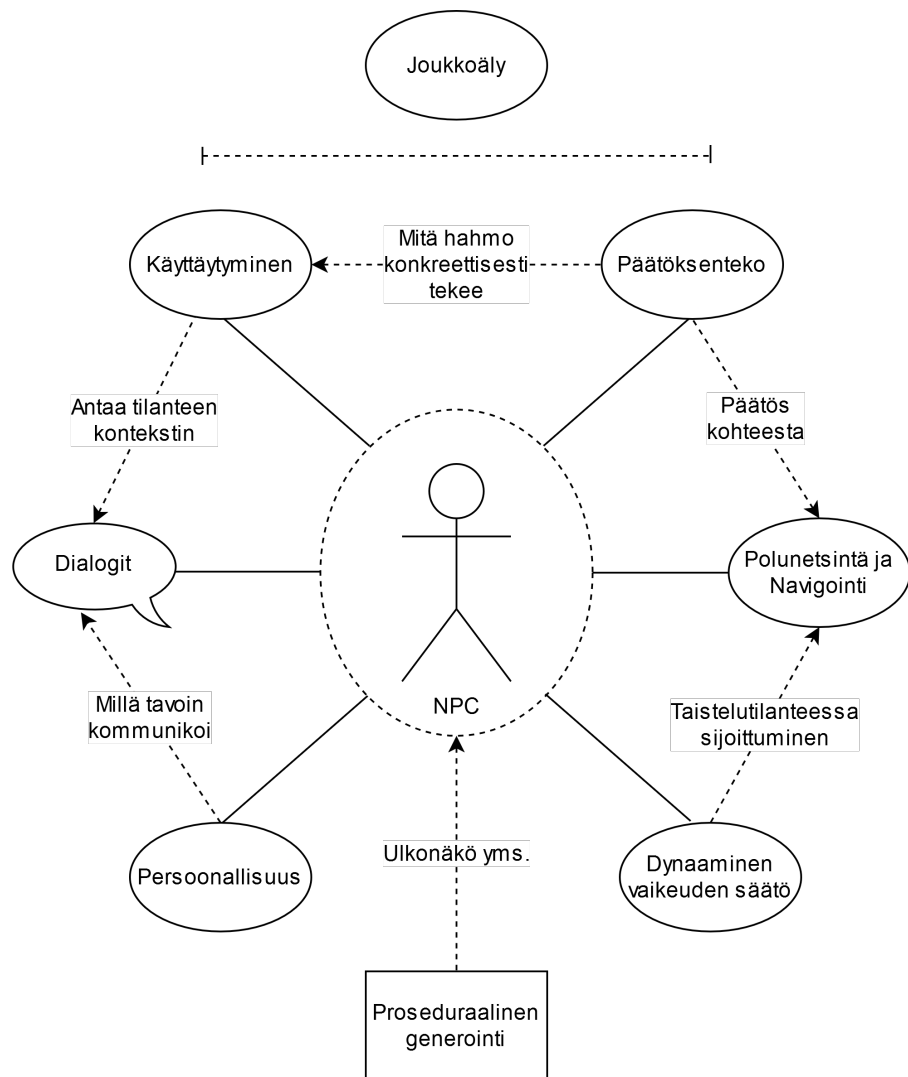
<sup>a</sup> World of Warcraft, <sup>b</sup> The Elder Scrolls V: Skyrim, <sup>c</sup> Modattu Minecraft, \* Kehittivät pelin tutkimusta varten

Taulukkoon 3.1 on kerätty roolipeleistä ja NPC:iden tekoälystä molemmista ker-  
 tovaa tutkimusta. Horisontaalisella akselilla voidaan tarkastella yksittäisen tutki-  
 muksen kattamia osa-alueita ja vertikaalisella vastavuoroisesti, mitkä tutkimukset  
 kattavat kyseisen NPC:n ominaisuuden. Osa-alueet tunnistettiin taulukossa olevia  
 artikkeleita ja muita lähteitä, kuten esimerkiksi [8], tarkastelemalla ja analysoimalla.  
 NPC:iden tekoälyllä toteutettavat ominaisuudet eivät välttämättä rajoitu taulukos-  
 sa oleviin, ja toisaalta päätöksentekoa koskee vain kaksi lähdeä, vaikka kyseinen  
 ominaisuus on tärkeimpiä ja tutkituimpia peleissä yleisesti. Dialogeista on eniten  
 osumia johtuen todennäköisesti aiheen ajankohtaisuudesta kielimallien takia. Kai-  
 kista artikkeleista ei löydy konkreettista peliä, mutta silti ne tavalla tai toisella  
 käsittelevät roolipelien NPC:iden relevantteja ominaisuuksia.

Löydettyjen taulukon 3.1 artikkelien perusteella NPC:iden tekoälyllä toteutettavia ominaisuuksia ovat päätöksenteko, käyttäytyminen, polunetsintä ja navigointi, dialogit, persoonallisuus ja DDA. Ominaisuudet tunnistettiin tarkastelemalla aiheiston artikkelien käsittelemien menetelmien ja ratkaisuiden sovellusosaa NPC-hahmoissa. Artikkeleissa esiintyi ominaisuuksia sekä eksplisiittisesti että implisiittisesti. Esimerkiksi [14] käsittelee polunetsintää hyvin selkeästi, kun taas monessa artikkelissa ei välttämättä tuoda yhtäkään ominaisuutta yhtä selvästi esiin. Osa ominaisuuksista on vahvasti kytköksissä toisiinsa ja yhdessä ne kaikki muodostavat holistisen kokonaisuuden NPC:iden pseudoälykkäänä toimintana. Monissa peleissä NPC:illä on omia rutiineja ja suhteita pelaajaan sekä muihin NPC:ihin, jotka luovat oman ulottuvuutensa niiden ja koko pelin tekoälymenetelmien kompleksisuuteen.

## 3.2 NPC-hahmojen ominaisuudet

Tässä luvussa esitellään tarkemmin taulukon 3.1 ominaisuudet. Pyrkimyksenä on avata hieman niiden olemusta ja merkitystä NPC:ille, tekoälylle sekä pelaajalle. Kuva 3.1 pyrkii hyvin karkealla tasolla havainnollistamaan eri osa-alueiden välisiä yhteyksiä. Löydetyt ominaisuudet on yhdistetty yhtenäisillä viivoilla keskellä olevaan NPC-hahmoon. Esimerkiksi päätöksenteon voidaan hyvin ajatella vaikuttavan esimerkiksi dialogien valintaan, mutta tähän ei kuitenkaan nuolta päädytty piirtämään. Esitetty malli ei muiltakaan osin ole täydellisen kattava, mutta luettavuuden ja selkeyden säilyttämiseksi vain valitut yhteydet päätettiin esittää. Joukkoäly on esitetty ulkoa tulevana ja moneen NPC-hahmoon vaikuttavana tukevana ominaisuutena. Proseduraalinen generointi taas on otettu mukaan NPC:iden erinäisiä muita ominaisuuksia ja elementtejä tukevana menetelmänä.



Kuva 3.1: Kirjoittajan kokoama NPC:iden ominaisuuksien malli. NPC:iden ominaisuudet ja liitännäisyydet on koottu taulukon 3.1 artikkeleissa esiintyvien ominaisuuksien perusteella.

## Päätöksenteko

NPC:iden päätöksenteko mahdollistaa sen, että ne pystyvät määrittelemään toimintansa sekä niiden sisäisten tilojen että ympäristön havainnoinnin perusteella. Päätöksenteon videopeleissä pitää olla reaaliaikaista, jotta NPC:t vaikuttavat eläviltä ja ovat uskottavia [28]. Päätöksenteko voi tapahtua niin taistelussa kuin keskusteluissa

pelaajan kanssa, ja sen kautta NPC:t osaavat toimia oikealla ja asianmukaisella tavalla. Päätöksenteon tuloksena voi olla pyyntö muuttaa ympäristöä tai jokin muutos NPC:n sisäisiin tiloihin. [29]

Löydetyistä artikkeleista kaksi käsittelevät päätöksentekoa roolipeleissä. Tutkimukset [24] ja [27] käsittelevät tätä eri kanteilta. Aiemmassa pyrittiin tarkastelemaan neuroverkkojen hyödyntämistä päätöksenteossa ja jälkimmäisessä toteutettiin päätöksenteko heidän luomassaan pelissä.

## Käyttäytyminen

NPC:iden käyttäytyminen pitää sisällään muita tässä tutkielmassa esiteltyjä NPC:iden ominaisuuksia, mutta luokitellaan se tässä kuitenkin omakseen. Käyttäytyminen on laajempi kokonaisuus, joten sen jakaminen pelkästään osiinsa ei ole tarkoituksenmukaista. Käyttäytyminen pitää sisällään muun muassa liikkumisen, päätöksenteon, ryhmästrategiat, toiminnot, vuorovaikutuksen ympäristön kanssa ja pelidynamiikan säätämisen [30]. Se on konkreettista ja pelaajalle havainnoitavaa NPC:iden toimintaa. Bicalho ym. [25] pyrkivät sulauttamaan NPC-hahmon käyttäytymiseen asuinalueen kulttuurin tunteiden ja persoonallisuuden lisäksi.

## Persoonallisuus ja tunteet

Persoonallisuus on hyvin reaali maailmasta lainautuva ominaisuus. Tähän kuuluvat NPC:iden käyttämät dialogit ja niiden erilaiset käyttäytymismallit. Persoonallisuuteen voidaan liittää NPC:iden keskinäiset suhteet ja vuorovaikutuksen tavat. Tunteet ovat taas konkreettisia reaktioita NPC:iden kohtaamiin tilanteisiin ja vuorovaikutuksiin toistensa ja pelaajien kanssa. Tunteisiin vaikuttaa persoonallisuus, joten nämä ovat siltä kantilta yhteydessä toisiinsa. Kaikissa NPC:issä ei kovin syvällisellä tasolla mallinneta näitä ja ne saattavat tärkeissäkkin hahmoissa olla hyvin

skriptattuja. Monet löydettyistä artikkeleista pyrkivät tuomaan psykologian puolella olevia persoonallisuusmalleja NPC:ihin. Esimerkiksi Garavaglia ym. [26] ja Bicalho ym. [25] pyrkivät toteuttamaan muun muassa viiden suuren persoonallisuuspiirteen teorian NPC:issä.

## Polunetsintä ja navigointi

Polunetsintä ja navigointi ovat klassisimpia esimerkkejä tekoälystä videopeleissä. Polunetsintä NPC-hahmoissa näkyy selkeimmin niiden liikkumisessa, joka voi olla valmiiksi määritettyä, kuten vartijahahmon partiointireitit, tai vapaata, kuten avoimen maailman kauppamatkustaja. Polunetsintä voi olla yksinkertaisimmillaan vain käskyn tullessa parhaimman reitin etsimistä paikasta A paikkaan B, mutta vaihtoehtoisesti se voi myös olla tämän lisäksi päättämässä konkreettisesti mihin NPC:n tulisi liikkua. Polunetsinnästä voidaan myös käyttää nimitystä polunsuunnittelu (engl. path planning), joka voi monesti viitata epäoptimaalisempaan polunetsintään. [29]

Polunetsintä roolipeleissä on tärkeässä asemassa. Roolipelien tarinapainotuksentakin johtuen ne sisältävät yleensä massiivisen määrän NPC:itä, joille monille tarvitsee samanaikaisesti laskea reittejä. Pelimaailmatkin ovat roolipeleissä erittäin suuria<sup>1</sup>, joten tämä yhdistettynä NPC-hahmojen määrään luo haasteita. Tästä syystä tehokkaiden ja nopeiden algoritmien käyttäminen on hyvin tärkeässä asemassa, jotta pelit eivät kärsi kuvataajuus- tai muista suorituskykyongelmista.

## Dialogit

Dialogit ovat lähestulkoon kaikkien roolipelien keskiössä ja niiden ensisijainen sekä tärkein keino välittää kokemus pelaajalle. Dialogit ovat muissa genreissä usein pie-

---

<sup>1</sup>T. Fox. "The biggest open worlds in RPGs". TheGamer. 8. maaliskuuta 2023. <https://www.thegamer.com/video-game-rpg-open-world-smallest-largest-ever/> (viitattu 28. 11. 2024).

nemmässä roolissa, mutta RPG:issä ne ovat pelaamisen keskiössä oli kyse puhutusta tai tekstimuotoisesta pelistä. [31] Dialogit ovat usein ennalta kirjoitettuja ja toimivat joidenkin sääntöpohjaisten järjestelmien avulla. Dialogeja on yleisesti kirjoitettu käsin, mutta niiden generointi tekoälymenetelmiä hyödyntäen on myös mahdollista.

Dialogit voidaan luokitella haarautuviin, ei-haarautuviin, hub-and-spokes ja jäsenin pohjaisiin dialogeihin. Roolipeleissä haarautuvat ja niiden variaatio hub-and-spokes ovat yleisimpiä dialogijärjestelmiä. Ne mahdollistavat dialogien interaktiivisuuden antaen pelaajille joukon vaihtoehtoja, joista valita. Niiden tyyppiset järjestelmät voidaan mallintaa ensimmäisen kohdalla puurakenteena ja jälkimmäisen kohdalla taas graafina johtuen sen mahdollisuudesta palata aiempiin vaihtoehtoihin. [32]

Löydetyistä artikkeleista monet käsittelevät erilaisia menetelmiä dialogien, -järjestelmien ja niiden tekoälyn toteutukselle. Esimerkiksi Guimaraes ym. [20] käsittelevät sosiaalisia NPC-hahmoja laajemmasta näkökulmasta, kun taas van Stegeren ja Myśliwiec [16] tutkivat dialogien generointia pelien kehitysvaiheessa.

## Dynaaminen vaikeustason säätö

Pelikokemuksen vaarana on usein joko liiallinen vaikeus tai toisaalta vastakohtaisesti liiallinen helppous. Näistä aiempi johtaa pelaajan turhautumiseen ja jälkimmäinen tylsistymiseen. Tämän ratkaisemiseksi peleissä tarvitsee olla jonkinlainen järjestelmä, joka säätelee pelin vaikeutta tilanteen mukaan. Yksi mahdollinen lähestymistapa on DDA, joka on eräänlainen tekoälyjärjestelmä. Tämän tarkoituksena on muuttaa NPC:iden attribuutteja ja käyttäytymistä dynaamisesti pelin aikana. Hyvän DDA-järjestelmän tulee pystyä seuraamaan pelaajan taitotasoa ja mukautumaan tähän. Yksi menetelmä tähän on belgialainen tekoälyalgoritmi, jota Mi ja Gao [17] pyrkivät parantamaan. [33]

### 3.3 Tukevat ominaisuudet

Tässä luvussa esiteltävät kaksi ominaisuutta eivät aivan sovi NPC-hahmojen ydinominaisuuksiin, joten ne on erotettu omaan lukuunsa. Ne kuitenkin tukevat NPC-hahmojen toimintaa sekä luvussa 3.2 esiteltyjä ominaisuuksia.

### Proseduraalinen sisällön generointi

Taulukko 3.1 sisältää vain epäsuorasti proseduraalista sisällön generointia (engl. procedural content generation, PCG), mutta tämä on silti olennainen osa NPC:iden tekoälyä. PCG on kytköksissä niihin sekä pelin kehitysvaiheessa kehittäjien apuna että jo valmiissa pelissä tarinan, dialogien ja muiden NPC:iden ominaisuuksien generoinnissa [8]. Tutkielmassa ei tutustuttu aiheeseen erilaisten satunnaisgeneroitujen asusteiden ja ulkonäköjen osalta, vaan enemmänkin lähestyttiin aihetta NPC:iden toiminnallisesta näkökulmasta. Osa taulukossa käytetyistä tutkimuksista pitää sisällään melko paljonkin PCG:tä etenkin dialogien generoinnin osalta ja tästä syystä aiheen avaaminen tässä oli tarpeellista.

### Joukkoäly

Kuten kuvassa 2.2 sivulla 7 näkyy, joukkoäly on myös osa NPC:itä. Vaikka joukkoälyn merkitys on erityisen suuri reaaliaikastrategiapeleissä, on roolipeleissäkin sille käyttöä. NPC:illä on monissa peleissä yksilöllisten ominaisuuksien lisäksi oltava mahdollisuus toimia yhteisönä. Lukuisissa roolipeleissä on jonkinlaisia kaupunkeja, kyliä tai muita yhteisöjä, joissa NPC:iden keskinäinen vuorovaikutus ja järkevä toiminta on immersion kannalta oleellista. Joukkojen koordinoitua voi olla myös monella tasolla nähtävissä roolipeleissäkin: vihollisten yhtenäisen hyökkääminen, isomman ystävämielisen joukon puolustautuminen pelaajan tukena tai pelaajan oma seu-

rue. Aiemmin mainitun *Dragon's Dogma* -pelisarjan pelinappulajärjestelmä on hyvä esimerkki ystävämielisten NPC:iden joukkoälystä. Aydın ym. [18] tutkivat pelaajan mainetta yhteisöissä ja pyrkivät luomaan mallin, joka tekisi pelaajan maineen leviämisen ja näyttäytymisen realistisemmaksi.

### 3.4 Yhteenveto

Taulukko 3.1 esittelee monta artikkelia NPC:iden tekoälystä roolipeleissä. Kuva 3.1 taas mallintaa näitä taulukon ominaisuuksia ja niiden liitännäisyyksiä. Näistä kumpikaan ei kuitenkaan ole täydellisen kattava esitys NPC:iden tekoälyllä toteutettavista ominaisuuksista tai niistä edes roolipeleissä. Eri tunnistetut ominaisuudet voisi osittain yhdistää, mutta kokoavaa sekä yhtenäistä esitystä asiasta ei löytynyt mistään luetuista tutkimuksista tai muista lähteistä.

Vaikka joukkoälyä ei eksplisiittisesti otettu mukaan taulukkoon, on se kuitenkin vahvasti mukana monissa tutkimuksissa. Monet näistä esittävät malleja yhteisöjen, tarinan ja useiden NPC:iden hallintaan. Nämä toki vaikuttavat yksilötasolla aivan yhtä lailla kuin joukkotasolla, mutta tutkielmassa tarkastellaan suppeasti metatekoälyäkin vain yksilön tasolla.



# 4 NPC-hahmojen ominaisuuksien toteutusmenetelmät

Tämän luvun tarkoituksena on vastata tutkimuskysymykseen ”Millä konkreettisilla menetelmillä näitä löydettyjä ominaisuuksia voidaan toteuttaa?”. Luvussa perehdytään taulukon 4.1 tarkempiin algoritmeihin ja tekoälymenetelmiin, joita voidaan hyödyntää aiemmassa luvussa esiteltyihin ominaisuuksiin. Pelkästään roolipeleihin keskittyvistä artikkeleista löytyi hyvin vähän sääntöpohjaisia menetelmiä, kuten esimerkiksi aiemmin mainitut tilakoneet ja käytöspuut. Tästä syystä taulukon 3.1 artikkelien sisältämien menetelmien lisäksi esitellään muistakin lähteistä löytyviä menetelmiä, joiden tiedetään varmasti esiintyvän myös roolipeleissä. Muut lähteet käyvät ilmi kappaleiden viittauksista tai erikseen mainittuna.

Seuraavat suorat alaluvut on jaoteltu jotakuinkin Yannakakiksen ja Togeliuksen [8], [34] (Esipainos kirjan [8] toisesta painoksesta) pelitekoälyn jaottelujen mukaan. Suurin ero heidän jaotteluunsa nähden mainittakoon puuhaun (engl. tree search) korvaaminen polunetsinnällä, koska puuhausta käsiteltävät algoritmit ovat vain polunetsintään. He eivät myöskään sisällytä jaotteluunsa kehyksiä, mutta ne on aineistojen pohjalta kuitenkin otettu mukaan. Alaluvut käsittelevät pääosin taulukossa 4.1 nähtäviä menetelmiä.

## LUKU 4. NPC-HAHMOJEN OMINAISUUKSIEN TOTEUTUSMENETELMÄT<sup>20</sup>

Taulukko 4.1: Taulukossa 3.1 esiintyvistä artikkeleista ja muista akateemisista sekä ei-akateemisista lähteistä löydetty ominaisuuksien toteutusmenetelmät.

Nimi	Kuvaus	Akateemiset	Muut
FSM <sup>a</sup>	Mallintaa tiloja graafissa	Yannakakis ym. [8]	Miyake ym. [35]
Käytöspuut	Mallintaa käyttäytymistoiminto- ja puurakenteessa	Yannakakis ym. [8], Rodrigues ym. [27]	Miyake ym. [35]
BAI <sup>b</sup>	Taisteluiden vaikeudenhallintamenetelmä	Mi ym. [17]	Dawe [36]
GOAP	Mahdollistaa hahmojen itsenäisen toiminnan suunnittelun	Garavaglia ym. [26]	Orkin [37], Orkin [38]
A*	Täydellinen ja optimi polunetsintäalgoritmi	Yannakakis ym. [8], Smed ym. [39]	
IDA* <sup>c</sup>	Vähemmän muistia käyttävä polunetsintäalgoritmi	Primanita ym. [14]	
Neuroverkot	Tarkemman ja todenmukaiseman käyttäytymisen mahdollistamiseen koulutusaineiston pohjalta	Adamatti ym. [24], Yannakakis ym. [8]	
Kielimallit	Joukko usein muuntajiin perustuvia menetelmiä, joilla voidaan generoida esimerkiksi dialogia	van Stegeren ym. [16], Ashby ym. [19], Rao ym. [21], Buongiorno ym. [22]	O'Brien [40], Yannakakis ym. [34]
RL <sup>d</sup>	Ympäristössä palautteen kautta koulutettu neuroverkko	Alonso ym. [41]	
Hybridit	Joukko erilaisia toisia menetelmiä yhdistäviä menetelmiä	Yannakakis ym. [8]	Miyake ym. [35]
CiF <sup>e</sup>	Hahmojen välisten suhteiden simulointiin tarkoitettu järjestelmä	Oliveira ym. [15], Guimaraes ym. [20]	

<sup>a</sup> Äärellinen automaatti, <sup>b</sup> Belgialainen tekoäly, <sup>c</sup> Iteratiivisesti syvenevä A\*, <sup>d</sup> Vahvistusoppiminen, <sup>e</sup> Comme il Faut

## 4.1 Käyttäytymisen suunnittelu

Tässä luvussa olevat menetelmät ovat sellaisia, joilla on pysyvät ja spesifiin tehtävään määritellyt säännöt (ad-hoc), eli ne eivät ne ole oppivia menetelmiä. Tämän kategorian menetelmien heikkoutena on, etteivät ne ole joustavia ja dynaamisia. [8] Näistä monia voidaan myös luonnehtia sääntöpohjaisina järjestelminä.

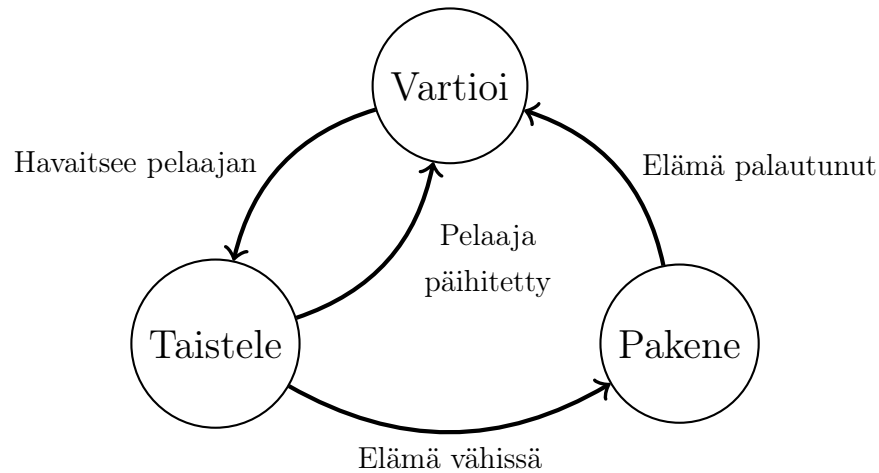
### Äärelliset automaatit

Äärelliset automaatit, eli tilakoneet, ovat hyvin perinteinen, mutta vieläkin laajalti käytössä oleva NPC:iden tekoälyn toteutusmenetelmä. Ne ovat asiantuntijajärjestelmiä, joissa mallinnetaan eri tiloja graafissa. Tila voi muuttua, mikäli jokin tilojenvälisen muutoksen mahdollistava ehto täyttyy. Tilakoneet ovat yksinkertaisia suunnitella ja toteuttaa, mutta kompleksisuuden kasvaessa tämä saattaa täysin muuttua. [8], [39] Miyake ym. [35] kertovat, kuinka he käyttävät äärellisiä automaatteja *Final Fantasy XV*:n<sup>1</sup> virallisten NPC:iden toteutuksessa. He käyttävät järjestelmää, joka esitellään hieman tarkemmin luvussa 4.4.

Kuva 4.1 esittää varsin yksinkertaista tilakonetta, jossa NPC huomattessaan pelaajan aloittaa taistelun tämän kanssa. Tila muuttuu taistelusta, mikäli pelaaja on voitettu tai elämä hupenee vähiin. Elämän ollessa vähissä siirrytään pakene-tilaan, josta palataan vartioimaan elämän palaututtua. Kuvassa siis ympyrät ovat tiloja, joista voidaan siirtyä nuolien määrittämään suuntaan niissä olevien ehtojen mukaisesti. [8]

---

<sup>1</sup>Final Fantasy XV, Square Enix, <https://www.square-enix-games.com/games/final-fantasy-xv>

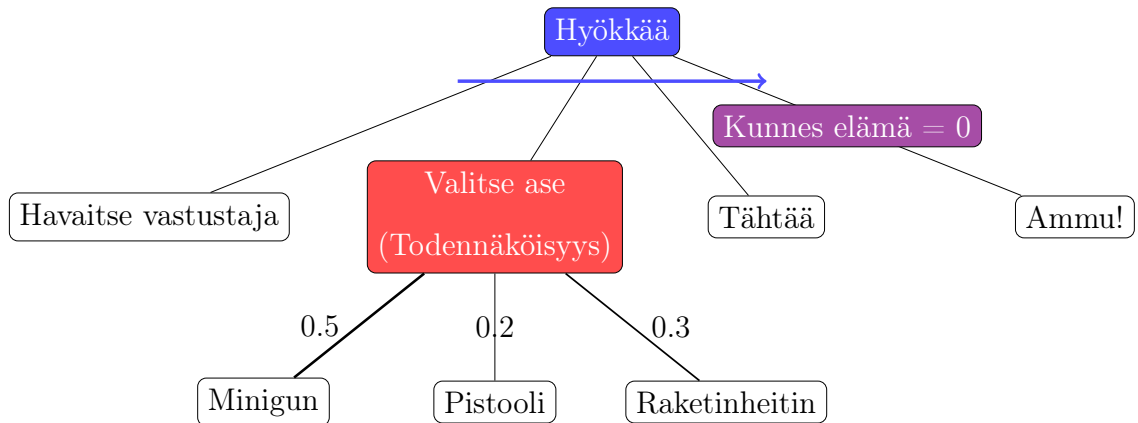


Kuva 4.1: Yksinkertainen tilakone koottuna Yannakakiksen ja Togeliuksen [8] tekstin perusteella. Tilakone kuvaa hypoteettista vartijatyyppistä NPC-hahmoa, joka siirtyy ympyröissä olevien tilojen välillä, mikäli nuolien ehto täyttyy.

## Käytöspuut

Käytöspuu on menetelmä, joka mallintaa muutoksia äärellisessä joukossa toimintoja (engl. behaviour). Käytöspuita hyödynnetään usein esimerkiksi NPC:iden käyttäytymisen toteuttamiseen. Niiden vahvuus verrattuna tilakoneisiin on modulaarisuus, eli ne koostuvat monesta yksinkertaisesta elementistä. Hyvin suunniteltuna ne voivat siis mahdollistaa monimutkaisinkin käytöksen toteuttamisen verrattain yksinkertaisista elementeistä huolimatta. [8]

Käytöspuu (kuva 4.2) koostuu erilaisista toimintoja mallintavista solmuista, jossa ylimpänä on juurisolmu (engl. root node) ja tämän alla joukko vanhempi- ja lapsisolmuja. Suorittaminen aloitetaan juurisolmusta edeten vanhempi- ja lapsisolmuihin. Lapsisolmut palauttavat vanhemmilleen toimintonsa tilasta riippuen joko käynnissä, onnistunut tai epäonnistunut. Puun lehtisolmut kuvaavat varsinaisia suoritettavia toimintoja. Vanhempisolmut koostuvat kolmesta eri tyyppistä: sekvenssistä (engl. sequence), valitsijasta (engl. selector) ja koristeesta (engl. decorator). Ne määrittävät, miten lapsisolmujen tilat tulkitaan, ja miten puun suoritusta jatketaan. [8], [42]



Kuva 4.2: Yannakakis ja Togelius [8] käytöspuun esimerkki käännettynä. Sininen juurisolmu on sekvenssisolmu, joka suorittaa tason 1 käytökset vasemmalta oikealle. Punainen solmu on todennäköisyysvalitsija ja violetti solmu juuren ja oikealla olevan solmun välillä on koriste. Koriste toimii eräänlaisena ehtolauseena.

Rodrigues ym. [27] loivat roolipelin ja dokumentoivat tämän prosessin. Pelissä hyödynnetään käytöspuita Epic Gamesin Unreal Engine 4 -pelimoottorissa. He käyttävät näitä NPC:iden yleiseen päätöksentekoon sekä DDA:n toteuttamiseen. He eivät käytännössä luoneet tai tutkineet mitään uutta, mutta esittivät prosessin siitä, miten käytöspuita voidaan hyödyntää roolipeleissä.

## Belgialainen tekoäly

Belgialainen tekoälyalgoritmi (engl. belgian AI algorithm, BAI) on *Kingdoms of Amalur: Reckoning*<sup>2</sup> -peiliä varten luotu melko yksinkertainen taisteluiden vaikeudenhallinta-algoritmi. Lyhykäisydessään se tekee pelaajan ympärille ruuduista koostuvan alueen, joka määrittää kuinka monta vihollista voi samaan aikaan hyökätä pelaajan kimppuun. Pelaajalla on maksimi ruudukkokoko ja tästä vähennetään aina uutena tulevan vihollisen ruudukkopaino. Mikäli tulos on vähintään nolla, voi vihollinen hyökätä pelaajan kimppuun. [36]

<sup>2</sup>Kingdoms of Amalur: Reckoning, Electronic Arts, <https://kingdomsofamarur.thqnordic.com/>

Mi ja Gao [17] pyrkivät tutkimuksessaan parantamaan BAI-menetelmää muuttamalla ruudukon kehäksi, lisäämällä mukaan DDA:n ja tekemällä muita pienempiä parannuksia. Kehä jakautuu kerroksittain eri alakehiin, joissa kaikissa on saman verran alueita. Kehämalli hallitsee sekä lähitaistelu- että etäisyshyökkäyksiä ja tarjoaa yhtenäisen vuorovaikutusalueen kussakin sektorissa sekä välttää konflikteja vihollisasemissa. He kutsuvat menetelmää parannetuksi belgialaiseksi tekoälyksi (engl. improved BAI, IBAI). Parannettu malli on siis mukautuvampi, johdonmukaisempi, sen taistelut vaihtelevampia ja vihollisten sijoittelu parempaa. Heidän tuottamansa 25:n kysymyksen kyselyn perusteella IBAI oli parempi 20 kysymyksessä. Keskiarvojen kokonaismäärä BAI-järjestelmälle oli 74,985 ja IBAI-järjestelmälle 85,071. Keskihajonta kummassakin oli pyöristettynä 15,4.

## GOAP

Tavoitteeseen tähtäävä toiminnan suunnittelu (engl. goal-oriented action planning, GOAP) antaa NPC:ille mahdollisuuden suunnitella toimintaansa tavoitteiden saavuttamiseksi. Menetelmässä on joukko mahdollisia valintoja, jossa lähtö- ja maalitilan lisäksi pelin ja hahmon tila vaikuttavat siihen, mitkä toiminnot suoritetaan maalitilan saavuttamiseksi. [37] Tässä joukossa esimerkiksi A\*:ä hyödyntämällä etsitään paras reitti, eli suoritettavat toiminnot [38]. Garavaglia ym. [26] kehittivät järjestelmän nimeltään Moody5, joka on uskottavien NPC:iden luontiin käytettävä työkalu. Se hyödyntää GOAPia toteutuksessaan. He käyttävät ad-hoc versiota siitä ja hyödyntävät sitä etenkin toimintojen uudelleensuunnitteluun NPC:iden persoonallisuuden ja tunnetilojen muutosten seurauksena. Moody5 NPC:illä voi olla erikoislaatuksiakin persoonallisuuspiirteitä ja ne pystyvät osoittamaan tunnereaktioita.

## 4.2 Polunetsintä

Polunetsintä on laaja ja vanha tietojenkäsittelyn osa-alue pelien ulkopuolellakin. Joi-tain tunnetuimpia polunetsintäalgoritmeja ovat syvyyshaku, leveyshaku, Dijkstran algoritmi ja A\*. Pelien osalla A\* on nykyään erittäin merkittävässä asemassa sen täydellisyyden ja tehokkuuden vuoksi. A\* on tietokonepelien de facto polunetsin-tämenetelmä [39] ja roolipeleissä käytetäänkin usein juuri A\*:n jotakin versiota. [8] A\* on heuristinen algoritmi, joka käyttää funktiota

$$f(x) = g(x) + h(x) \quad (4.1)$$

saadakseen kustannuksen kutakin solmua kohden. Tässä  $g(x)$  on matka alkusolmus-ta ja  $h(x)$  matka  $x$ :stä maaliin. Roolipeleissä voidaan aiempien lisäksi hyödyntää iteratiivisesti syvenevää A\*:ä (iterative deepening A\*, IDA\*). IDA\* eroaa A\*:stä siten, että sen luo graafista päätöspuun ja suorittaa tässä syvyyshakua määritellyn syvyyden mukaan. IDA\*:n etu on siinä, että se kuluttaa huomattavasti vähemmän muistia verrattuna A\*:een. [14]

Polunetsintäalgoritmit tarvitsevat hakuavaruuden, josta ne voivat muodostaa parhaimman reitin. Hakuavaruuden, eli peleissä navigointigraafin, mallintamiseen on erilaisia keinoja. Yksi yleisimmistä nykyisin roolipeleissä käytettävistä on navi-gointiverkko (engl. navigation mesh, NavMesh). [41]. NavMesh koostuu joukosta pe-limaailman kattavia konvekseja monikulmioita, jossa jokainen monikulmio edustaa reittipistettä vierekkäisiin monikulmioihin. Kaikki vierekkäiset monikulmiot jakavat keskenään vain kaksi pistettä ja yhden sivun, eikä yksikään monikulmio limity toisen kanssa. [39] Aiemmin mainittu roolipeli *Witcher 3: Wild Hunt* suurella todennäköi-syydellä käyttää NavMeshia toteutuksessaan, koska pelin modaamiseen tarkoitetun työkalun ohjeet puhuvat tästä navigoinnin yhteydessä [43]. Videopelien modaami-nen tarkoittaa niiden muokkaamista pelin ulkopuolisin työkaluin, usein ohjelmoi-

malla. [44] Modaaminen voi olla esimerkiksi ohjelmointivirheiden korjausta, sisällön parantamista tai sen lisäämistä.

## 4.3 Koneoppiminen

Koneoppiminen voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen: ohjattuun oppimiseen, ohjaamattomaan oppimiseen ja vahvistusoppimiseen. Lyhyesti ilmaistuna ohjatussa oppimisessa algoritmille annetaan annotoitu aineisto, josta se pyrkii muodostamaan funktion, kun taas ohjaamattomassa oppimisessä algoritmi oppii itsenäisesti annotoimattomasta aineistosta erilaisia toistuvia piirteitä. Vahvistusoppimisessä algoritmi on vaikutuksessa ympäristönsä kanssa ja oppii siitä saadun palautteen avulla tekemään oikeita päätöksiä. [8], [45]

### Neuroverkot

Keinotekoiset neuroverkot (engl. artificial neural network, ANN) ovat aivojen rakenteen inspiroimia tekoälymenetelmiä, jotka toimivat toisiinsa liitoksissa olevien neuronien avulla. Yksittäinen neuroni lisää sen sisääntuloihin painot, laskee painotetun summan, lisää vakiotermin ja ajaa tuloksen aktivointifunktion läpi. Neuroverkossa sisääntulot syötetään yhdelle tai useammalle piilokerrokselle, jotka lopulta johtavat ulostulokerrokselle ja muodostavat ratkaisun. [8] Syväoppivassa neuroverkossa on yleisen määritelmän mukaan vähintään kaksi piilokerrosta [45].

Adamatti ja Madsen [24] pyrkivät osoittamaan neuroverkkojen käytettävyyden NPC:iden päätöksenteossa roolipeleissä. Tutkimuksessa käytettiin neuroverkkoja tilakoneiden kanssa päättämään vartijatyypin NPC:n toimintaa. Vartija saattoi joko hyökätä tai paeta pelaajaa riippuen siitä, mihin tulokseen neuroverkko päätyi. Aiemmin käyttämättömällä aineistolla heidän neuroverkkonsa päätyi 85 %:ssa testitapauksista vartijan kannalta toivottuun tulokseen.



## Muuntajat ja kielimallit

Suuret kielimallit (engl. large language model, LLM) ovat luonnollisen kielen käsittelyn osa-alue, jossa laaja syväoppiva neuroverkko on koulutettu massiivisella määrällä dataa. Näiden tunnetuin ja yleisin käyttökohde on tekstin generointi, jota lukuisat viime vuosien suuria kielimalleja käyttävät keskustelubotit tekevät. Muuntajat ovat syväoppiva koneoppimisarkkitehtuuri [46], johon GPT-mallit (engl. generative pre-trained transformer, GPT) perustuvat. Kielimalleja voidaan käyttää videopeleissä ja niiden kehittämisessä erilaisten materiaalien generoimiseen. Tutkielman kannalta oleellimmat käyttökohteet ovat niiden kyky mahdollistaa NPC:ille korkeatasoiset keskustelu- ja päätöksenteko-ominaisuudet. [34]

Dialogien generointia muuntajilla voidaan lähestyä kahdesta näkökulmasta. van Stegeren ja Myśliwiec [16] pyrkivät käyttämään GPT:tä dialogien generointiin pelin kehitysvaiheessa, eli keventämään pelinkehittäjien taakkaa. Ashby ym. [19] tutkivat puolestaan suorituksen aikaista dialogien ja tehtävien (engl. quest) generointia. Heidän järjestelmässään pelaaja tekee ensin aloitteen syöttämällä tekstiä, jonka jälkeen se yhdistetään kosinisamankaltaisuudella (engl. cosine similarity) tietograafin (engl. knowledge graph) solmuihin, joiden kautta luodaan maailman tilaan sopiva tehtävä. Tämän jälkeen hienosäädettyä GPT-2:ta käytetään tuotetulla tehtävän kuvauksella luomaan sille nimi sekä siihen kuuluvat NPC-hahmon dialogit.

GPT-2 on jo muutaman version vanha, mutta GPT-4:ää on myös pyritty hyödyntämään NPC:iden reaaliaikaisissa dialogeissa. Rao ym. [21] (paperi arXivista, hyväksytty ACL 2024 workshopiin) eivät teknisesti ottaen hyödyntäneet GPT-4:ää roolipelissä, mutta heidän modaamansa *Minecraft* tutkimusta varten koostui tehtävän suorittamisesta kahden keskustelemaan NPC:n kanssa. He myös hankkivat testiryhmäänsä roolipelejä pelanneita henkilöitä ja kysyivät heiltä, miten tämä peli vertautui heidän aiemmin pelaamiinsa roolipeleihin. [21] Ubisoftilla on myös kehitteillä generatiiviseen tekoälyyn pohjautuva NPC:iden prototyyppi, joka on myös roolipe-

lien kannalta erityisen mielenkiintoinen ottaen huomion yrityksen koon ja aseman videopelituotannossa [40].

Muitakin kielimalleja kuin OpenAI:n GPT-malleja on käytetty roolipeleissä. Buongiorno ym. [22] kehittivät mallin tarinan proseduraaliseen generointiin, joka samalla generoi myös dialogia perustuen tarinan vaiheeseen, NPC:n ominaisuuksiin ja aiempiin kanssakäymisiin pelaajan kanssa. He käyttivät tutkimuksessaan GPT-4 ja -3.5 mallien lisäksi Metan Llama 3 -mallia. [22]

## Vahvistusoppiminen

Vaikka polunetsintä esiteltiin aiemmin erikseen omassa luvussaan, on Alonso ym. [41] artikkelin sijoittaminen tähän lukuun luontevampaa. Se ei käsittele suoraan roolipelejä, mutta keskustelee AAA-peleistä, joihin huomattava määrä moderneista etenkin suurelle yleisölle tutuista roolipeleistä kuuluu. AAA-pelit voidaan määritellä olevan merkittävän videopelistudion suurella budjetilla tuottamia pelejä<sup>3</sup>. Artikkelissa esitellään syvään vahvistusoppimiseen (engl. deep reinforcement learning, DRL) pohjautuva NPC:iden navigointimenetelmä. Se pyrkii haastamaan ja korvaamaan NavMeshin. Yhtenä etuna on mahdollisuus käyttää mitä vain liikkumistapaa, kuten heittokoukkua tai rakettureppua. Alonso ym. hyödynsivät mallitonta (engl. model free) RL-menetelmää käyttäen Soft Actor-Critic -algoritmia. He testasivat järjestelmää jo julkaistun AAA-pelin pelimoottorissa. Järjestelmä saavutti 90 % onnistumistarkkuuden  $400m \times 400m \times 90m$  kokoisessa tasossa ja 74 % tarkkuuden  $1000m \times 1000m \times 90m$  kokoisessa tasossa.

---

<sup>3</sup>J. Garcia. "AAA (triple-A) Definition". IGN. 11. huhtikuuta 2020. [https://www.ign.com/wikis/video-game-dictionary/AAA\\_\(triple-A\)](https://www.ign.com/wikis/video-game-dictionary/AAA_(triple-A)) (viitattu 11.12.2024)

## 4.4 Hybridimallit

Hybridimallien voidaan määritellä olevan useampien eri tekoälymenetelmien sekoitus, jotka yhdistävät yksittäisten menetelmien vahvuudet luodakseen niistä paremman kokonaisuuden [8]. Usein hybridimallit ovat joidenkin sääntöpohjaisten menetelmien ja koneoppimisratkaisujen tai niin kutsutun fuzzy-logiikan yhdessä hyödyntämistä.

Käytöksen mallinnusjärjestelmien toisiinsa yhdistäminen on myös mahdollista ja osoitettu kaupallisestikin toimivaksi. Square Enixin *Final Fantasy XV* -pelissä on hyödynnetty käytöspuiden ja tilakoneiden hybridimallia, jossa esimerkiksi tilakone päättää mitä tullaan seuraavaksi tekemään ja käytöspuut suorittavat itse näkyvän toiminnan. Miyake ym. [35] kutsuvat järjestelmää tekoälygraafiksi (engl. AI graph). Järjestelmä pystyy siis yhdistelemään tilakoneiden tiukkaa hallintaa ja käytöspuiden joustavuutta jakaen solmuja näiden kahden menetelmän kesken. Näin saadaan luotua yksi isompi järjestelmä kahden pienemmän vahvuuksia yhdistämällä. [35]

## 4.5 Kehykset

Kaikkia menetelmiä ei voida jakaa vain niiden algoritmisen toteutuksen perusteella. Osa on laajempia kokonaisuuksia ja pohjautuu muuhunkin kuin vain yhteen menetelmään. Erona hybridimalleihin voidaan etenkin pitää luvussa esiteltyjen järjestelmien laajuutta.

Comme il Faut (CiF) on sosiaalinen tekoälyjärjestelmä, joka pyrkii simuloimaan hahmojen suhteita ja vuorovaikutusta videopeleissä [47], [48]. Roolipeleihin kyseisen järjestelmän on sulauttanut [15] ja [20]. CiF-Ck (CiF Creation Kit) on toteutus CiF-arkkitehtuurista roolipelien kontekstissa, jossa Creation kit<sup>4</sup> on Bethesdan julkaisema virallinen modaustyökalu heidän peleihin *Skyrimiin*, *Fallout 4*:ään sekä *Starfield*

---

<sup>4</sup>Creation Kit, Bethesda Softworks, <https://store.steampowered.com/search/?term=creation+kit+bethesda>

*diin*. Guimaraes, Santos ja Jhala [20] loivat tämän laajennuksen ja sulauttivat sen onnistuneesti roolipeli *Skyrimiin*. Oliveira ja Santos [15] pyrkivät rakentamaan CiF-Ck:n päälle tarkentaen mallin vain kauppiaisiin roolipelissä *Conan Exiles*. Heidän tuloksiansa pohjalta tehdyssä kyselyssä 93 % vastaajista piti CiF-arkkitehtuuriin perustuvia kauppiaita parempina.

Bicalho ym. [25] loivat kulttuurimallin NPC-hahmoille, jota he testasivat luomas-  
saan roolipelissä. Heidän mallinsa pyrkii yhdistämään persoonallisuuden ja tunneti-  
lat sekä NPC-hahmojen pelimaailman asuinalueen kulttuuriin. Tarkemmat kulttuu-  
rimallin ulottuvuudet ovat aika, varallisuus, arvokkuus, kohteliaisuus, yhteisöllisyys  
ja järkevyyt, jotka pyrittiin yhdistämään luottamukseen, ennakkoluuloon, persoo-  
nallisuuteen ja tunteisiin. He käyttävät näissä ulottuvuuksissa liukuvaa numeroarvoa  
nollan ja yhden välillä määrittämään eri interaktioiden pituutta tai intensiivisyyttä.

## 4.6 Yhteenveto

Kappaleen aikana esiteltiin useita menetelmiä. Näistä monia voidaan käyttää useiden ominaisuuksien toteuttamiseen, kun taas toiset sopivat paremmin johonkin spesifiin tarkoitukseen. Esimerkiksi tilakoneet ja käytöspuut ovat pelinkehityksessä erittäin laajalti käytettyjä ja monessa ominaisuudessa hyödynnettyjä. Comme il Faut ja BAI ovat taas enemmän tiettyyn tarkoitukseen luotuja, ja nämäkin kaksi eroavat monilta osin keskenään.

Videopeleissä ja myös siten roolipeleissä käytettyjen tekoälymenetelmien määrä on suuri, ja tämä luku pyrki antamaan yleiskuvan joistain aineiston kautta löydetyistä menetelmistä. Monen menetelmän puuttuminen tieteellisistä tutkimuksista roolipelien kontekstissa johtuu todennäköisesti näiden vakiintuneesta ja kehittyneestä asemasta NPC:iden tekoälyn toteutuksessa. Roolipeleissä saati kaikissa muissa pe-  
leissä käytettävät menetelmät eivät rajoitu tässä luvussa esiteltyihin, ja BAI:n tapaan niitä esiintyy myös pelikohtaisella tasolla.

# 5 Pohdinta

Luvun tarkoituksena on vetää yhteen tutkielman aikana käsiteltyjä asioita ja pohtia jatkotutkimusmahdollisuuksia. Ensimmäinen alaluku pyrkii koostamaan vastaukset tutkielman kahteen tutkimuskysymykseen. Toinen alaluku on tarkoitettu pohdinnalle ja kehoitukselle jatkotutkimuksesta sekä tutkielman aikana ilmenneille rajoitteille. Kolmannessa alaluvussa vedetään lyhyesti yhteen tutkielmassa käsiteltyjä aiheita.

## 5.1 Tutkimuskysymyksiin vastaaminen

Tämän tutkielman tarkoituksena oli perehtyä roolipelien NPC:iden tekoälylliseen toteutukseen. Ensimmäinen tutkimuskysymys oli, mitä NPC:iden ominaisuuksia voidaan toteuttaa tekoälymenetelmiä hyödyntäen. Löydettyä aineistoa tarkastelemalla ja sen perusteella pystyttiin erottamaan kuusi eri ominaisuutta. Käyttäytyminen, päätöksenteko, dialogit, polunetsintä ja navigointi, persoonallisuus ja DDA olivat kaikki toisistaan tarpeeksi eroavia ominaisuuksia, jotta niitä saatettiin kutsua itsenäisiksi. Nämä ominaisuudet ja niiden liitännäisyydet ovat nähtävissä kuvassa 3.1 esitettävässä mallissa. Jaottelu ei välttämättä ole näin mustavalkoinen, ja moni tutkimuksista käsitteikin useampaa ominaisuutta tekemättä suurempaa eroa niiden välille.

Toisena tutkimuskysymyksenä oli, millä konkreettisilla menetelmillä näitä löydettyjä ominaisuuksia voidaan toteuttaa. Löydettyjä menetelmiä oli useita ja ne olivat luonnollisesti erilaisia riippuen ominaisuuksista ja niitä käsitelleistä artikkeleis-

ta. Löydettyihin menetelmiin kuuluivat esimerkiksi käytöspuut, tilakoneet, IDA\* ja neuroverkot. Kaikki löydetyt menetelmät ovat nähtävillä taulukossa 4.1. Esimerkiksi tilakoneita tai polunetsintäalgoritmeja voidaan käyttää monen eri ominaisuuden toteuttamiseen, kun taas laajempaa järjestelmää Comme il Fautia hyödynnetään spesifisti hahmojen välisiin suhteisiin.

## 5.2 Rajoitukset ja jatkotutkimus

Tutkielmassa oli tarkoituksena painottaa koneoppimista, mutta tämä osoittautui lopulta haastavaksi. Suurin osa koneoppimiseen liittyvästä aineistosta oli lähinnä kielimalleihin ja hyvin monesti dialogeihin painottuvia. Muista osa-alueista nimenomaan roolipelien kontekstissa oli hyvin niukasti tarjolla koneoppimiseen liittyvää aineistoa. On yleisestikin huomionarvoista tuoda esille NPC:iden tekoälyn tutkimuksen niukkuus roolipeleissä. NPC:istä ja niiden tekoälystä kyllä löytyy tutkimusta, mutta iso osa siitä on melko yleisellä tasolla tai eri genreissä, kuten toimintaseikkailujen genressä. Osaltaan asiaan saattavat vaikuttaa tutkimuksissa ja kirjoissa esiintyvät konkreettiset esimerkit, jotka pitkälti ovat muista genreistä kuin roolipeleistä. Esimerkiksi *Alien: Isolation* -pelin edistyneeseen tekoölyyn ja *F.E.A.R* -peliin kehitettyyn GOAP-algoritmiin viitataan hyvin monissa lähteissä.

Jatkotutkimusta aiheesta voisi siis hyvin tehdä muiden osa-alueiden kuin dialogien osalta. Ehkäpä tutkittavia menetelmiä ja niihin pohjautuvaa tutkimusta koneoppimisesta videopelien NPC-hahmoissa onkin jo, mutta sen sulauttaminen nimenomaan roolipeleihin ja sitä kautta konseptitodistuksen (engl. proof of concept) luominen voisi olla mahdollinen jatkotutkimuksen suunta. Mielenkiintoinen täsmällisempi jatkotutkimussuunta voisi olla toteuttaa täysin koneoppimismallien varassa toimiva NPC johonkin roolipeliin, kuten vaikkapa yleisesti modattuihin Bethesdan peleihin *Skyrimiin* tai *Fallouteihin*. Jotta kokonainen NPC:iden yhteisö saataisiin toimimaan täysin koneoppimISRatkaisujen varassa, tulee niin kielimallien kuin mui-

denkin mentelmien kehittyä tehokkuuden osalta. Huomionarvoinen asia jatkotutkimuksen kannalta on se, että vaikka monimutkaiset ja syvälliset persoonallisuudet ja kanssakäymiset voivat parantaa pelikokemusta, on niillä teknisestä näkökulmasta myös mahdollisia haittavaikutuksia.<sup>1</sup>

## 5.3 Yhteenveto

Vastaukset tutkimuskysymyksiin löydettiin, vaikka koneoppimisen painottaminen osoittautuikin haastavaksi. Tutkimuskysymyksien asettelu toteutettiin ennako-oletuksella, että koneoppimista olisi tutkittu enemmän roolipelien NPC-hahmoissa. Tutkimuksen puutteen huomioiminen tässä on toki itsessään löydös ja sitä voidaankin pitää työn yhtenä tuloksena.

Tutkielman kontribuutiona on NPC:iden tekoälyllä toteutettavien ominaisuuksien malli, joka on nähtävissä sivulla 13 olevassa kuvassa 3.1. Tämä malli pitää sisällään kuusi NPC-hahmojen ominaisuutta sekä niiden liitännäisyydet. Se myös esittää kaksi ulkopuolista ominaisuutta, jotka kuuluvat olennaisesti NPC:iden tekoälyominaisuuksiin.

Työssä löydettiin kirjallisuuskatsauksen tuloksena NPC-hahmojen ominaisuudet, jotka voidaan tekoälyllä toteuttaa. Saman kirjallisuuskatsauksen ja muutaman lisälähteen avulla esiteltiin joukko algoritmeja ja tekoälymenetelmiä, joilla on mahdollista näitä ominaisuuksia toteuttaa. Tämä listaus ei ole täydellisen kattava, koska kaikista roolipeleissäkään NPC-hahmojen tekoälyyn hyödynnettävistä menetelmistä ei ole tutkimusta tai tämä ei ilmennyt toteutetussa kirjallisuuskatsauksessa.

---

<sup>1</sup>R. Valentine. "Dragon's Dogma 2 apparently had framerate troubles because the NPCs were thinking too hard". IGN. 18. lokakuuta 2024. <https://www.ign.com/articles/dragons-dogma-2-apparently-had-framerate-troubles...> (viitattu 25.10.2024).

# Lähdeluettelo

- [1] J. Clement, *Number of video game users worldwide from 2019 to 2029*, 28. elokuuta 2024. url: <https://www.statista.com/statistics/748044/number-video-gamers-world/> (viitattu 28.09.2024).
- [2] J. Clement, *Share of video gamers worldwide who have played games in select gaming genres in the past 12 months as of 1st quarter 2024*, 31. heinäkuuta 2024. url: <https://www.statista.com/statistics/240990/global-online-games-genre-breakdown/> (viitattu 28.09.2024).
- [3] R. Johnson, ”Artificial Intelligence”, teoksessa *The Routledge Companion to Video Game Studies*, 1. painos, New York, NY, USA: Routledge, 2014, luku 2, ISBN: 978-0-203-11426-1. DOI: 10.4324/9780203114261.
- [4] M. Hitchens ja A. Drachen, ”The Many Faces of Role-Playing Games”, *International Journal of Role-Playing*, nro 1, s. 3–21, 30. joulukuuta 2008. DOI: 10.33063/ijrp.vi1.185.
- [5] J. P. Zagal ja S. Deterding, ”Definitions of “Role-Playing Games””, teoksessa *Role-Playing Game Studies*. New York, NY, USA: Routledge, 2018, luku 2, ISBN: 978-1-315-63753-2. DOI: 10.4324/9781315637532-2.
- [6] D. Schules, J. Peterson ja M. Picard, ”Single-Player Computer Role-Playing Games”, teoksessa *Role-Playing Game Studies*. New York, NY, USA: Routledge, 2018, luku 6, ISBN: 978-1-315-63753-2. DOI: 10.4324/9781315637532-6.



- 
- [7] J. Pfau, J. D. Smeddinck ja R. Malaka, ”The Case for Usable AI: What Industry Professionals Make of Academic AI in Video Games”, teoksessa *Extended Abstracts of the 2020 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, sarja CHI PLAY ’20, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 3. marraskuuta 2020, s. 330–334, ISBN: 978-1-4503-7587-0. DOI: 10.1145/3383668.3419905.
- [8] G. N. Yannakakis ja J. Togelius, *Artificial Intelligence and Games*, 1. painos. Springer International Publishing, 2018. url: <https://gameaibook.org/>.
- [9] Y. Miyake, ”Current status of applying artificial intelligence in digital games”, teoksessa *Handbook of Digital Games and Entertainment Technologies*, R. Nakatsu, M. Rauterberg ja P. Ciancarini, toim., Singapore: Springer, 2017, s. 253–292, ISBN: 978-981-4560-50-4. DOI: 10.1007/978-981-4560-50-4\_70.
- [10] I. Millington, ”Model of Game AI”, teoksessa *AI for Games*. Boca Raton: CRC Press, 16. marraskuuta 2021, luku 2, s. 11–15, ISBN: 978-1-00-312404-7. DOI: 10.1201/9781003124047-3.
- [11] S. Rabin, ”The Illusion of Intelligence”, teoksessa *Game AI Pro 3*. New York, NY, USA: A K Peters/CRC Press, 2017, luku 1, ISBN: 978-1-315-15170-0. DOI: 10.4324/9781315151700-1.
- [12] T. Guzsvinecz, ”The soulsification of video games”, *Multimedia Tools and Applications*, 18. kesäkuuta 2024, ISSN: 1573-7721. DOI: 10.1007/s11042-024-19628-4.
- [13] P. Sweetser, ”Large Language Models and Video Games: A Preliminary Scoping Review”, teoksessa *Proceedings of the 6th ACM Conference on Conversational User Interfaces*, sarja CUI ’24, Luxembourg, Luxembourg: Association for Computing Machinery, 8. heinäkuuta 2024, ISBN: 9798400705113. DOI: 10.1145/3640794.3665582.

- [14] A. Primanita, R. Effendi ja W. Hidayat, ”Comparison of A\* and Iterative Deepening A\* algorithms for non-player character in Role Playing Game”, teoksessa *2017 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS)*, elokuu 2017, s. 202–205. DOI: 10.1109/ICECOS.2017.8167134.
- [15] M. Oliveira ja P. Santos, ”A model for socially intelligent merchants”, sarja FDG ’19, San Luis Obispo, California, USA: Association for Computing Machinery, 2019, ISBN: 9781450372176. DOI: 10.1145/3337722.3337729.
- [16] J. van Stegeren ja J. Myśliwiec, ”Fine-tuning GPT-2 on annotated RPG quests for NPC dialogue generation”, teoksessa *Proceedings of the 16th International Conference on the Foundations of Digital Games*, sarja FDG ’21, Montreal, QC, Canada: Association for Computing Machinery, 21. lokakuuta 2021, s. 1–8, ISBN: 978-1-4503-8422-3. DOI: 10.1145/3472538.3472595.
- [17] Q. Mi ja T. Gao, ”Improved belgian AI algorithm for dynamic management in action role-playing games”, *Applied Sciences*, vol. 12, nro 22, D. M. Davide Gadia ja L. A. Ripamonti, toim., s. 11 860, tammikuu 2022, ISSN: 2076-3417. DOI: 10.3390/app122211860.
- [18] A. M. Aydın, H. Kılıç ja A. Güran, ”A player reputation system based on belief formation among Non-Player character societies in Open-World Role-Playing games”, *Entertainment Computing*, vol. 46, s. 100 565, 1. toukokuuta 2023, ISSN: 1875-9521. DOI: 10.1016/j.entcom.2023.100565.
- [19] T. Ashby, B. K. Webb, G. Knapp, J. Searle ja N. Fulda, ”Personalized Quest and Dialogue Generation in Role-Playing Games: A Knowledge Graph- and Language Model-based Approach”, teoksessa *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, sarja CHI ’23, New

- York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 19. huhtikuuta 2023, s. 1–20, ISBN: 978-1-4503-9421-5. DOI: 10.1145/3544548.3581441.
- [20] M. Guimaraes, P. Santos ja A. Jhala, ”CiF-CK: An architecture for social NPCs in commercial games”, teoksessa *2017 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*, ISSN: 2325-4289, IEEE, elokuu 2017. DOI: 10.1109/CIG.2017.8080425.
- [21] S. Rao, W. Xu, M. Xu ym. *Collaborative Quest Completion with LLM-driven Non-Player Characters in Minecraft*, Wordplay workshop at ACL 2024, 3. heinäkuuta 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2407.03460. arXiv: 2407.03460.
- [22] S. Buongiorno, L. Klinkert, Z. Zhuang, T. Chawla ja C. Clark, ”PANGeA: Procedural Artificial Narrative Using Generative AI for Turn-Based, Role-Playing Video Games”, *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*, vol. 20, nro 1, s. 156–166, 15. marraskuuta 2024, ISSN: 2334-0924, 2326-909X. DOI: 10.1609/aiide.v20i1.31876.
- [23] M. Dai, C. Yuan ja X. Nie, ”Managing the personality of NPCs with your interactions: A game design system based on large language models”, teoksessa *HCI in Games*, X. Fang, toim., Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, s. 247–259, ISBN: 978-3-031-60692-2. DOI: 10.1007/978-3-031-60692-2\_17.
- [24] D. Adamatti ja C. A. Madsen, ”Using Artificial Neural Networks in NPC Decision-Making Process”, *International Journal of Computer and Information Technology*, vol. 2, nro 6, 1. marraskuuta 2013, ISSN: 2279-0764.
- [25] L. F. Bicalho, B. Feijó ja A. Baffa, ”A Culture Model for Non-Player Characters’ Behaviors in Role-Playing Games”, teoksessa *2020 19th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames)*, ISSN: 2159-6662, marraskuu 2020, s. 9–18. DOI: 10.1109/SBGames51465.2020.00013.

- [26] F. Garavaglia, R. A. Nobre, L. A. Ripamonti, D. Maggiorini ja D. Gadia, ”Moody5: Personality-biased agents to enhance interactive storytelling in video games”, teoksessa *2022 IEEE Conference on Games (CoG)*, ISSN: 2325-4289, elokuu 2022, s. 175–182. DOI: 10.1109/CoG51982.2022.9893689.
- [27] S. Rodrigues, H. K. Rayat, R. M. Kurichithanam ja S. Rukhande, ”Shriek: A Role Playing Game Using Unreal Engine 4 and Behaviour Trees”, teoksessa *2021 4th Biennial International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE)*, NaviMumbai, India: IEEE, tammikuu 2021, s. 1–6, ISBN: 978-1-72819-061-7. DOI: 10.1109/ICNTE51185.2021.9487723.
- [28] M. Ç. Uludağlı ja K. Oğuz, ”Non-player character decision-making in computer games”, *Artificial Intelligence Review*, vol. 56, nro 12, s. 14 159–14 191, 1. joulukuuta 2023, ISSN: 1573-7462. DOI: 10.1007/s10462-023-10491-7.
- [29] I. Millington, ”Techniques”, teoksessa *AI for Games*. Boca Raton: CRC Press, 16. marraskuuta 2021, luku 5, s. 47–64, ISBN: 978-1-00-312404-7. DOI: 10.1201/9781003124047-6.
- [30] H. Armanto, H. A. Rosyid, Muladi ja Gunawan, ”Improved Non-Player Character (NPC) behavior using evolutionary algorithm—A systematic review”, *Entertainment Computing*, vol. 52, s. 100 875, 1. tammikuuta 2025, ISSN: 1875-9521. DOI: 10.1016/j.entcom.2024.100875.
- [31] F. Mäyrä, ”Dialogue and interaction in role-playing games: Playful communication as ludic culture”, teoksessa *Dialogue across Media* (Dialogue Studies), J. Mildorf ja B. Thomas, toim., Dialogue Studies. John Benjamins Publishing Company, 19. tammikuuta 2017, s. 271–290, ISBN: 978-90-272-1045-6 978-90-272-6615-6. DOI: 10.1075/ds.28.14may.

- [32] B. Ellison. ”Defining dialogue systems”. (8. heinäkuuta 2008), url: <https://www.gamedeveloper.com/design/defining-dialogue-systems> (viitattu 01.12.2024).
- [33] G. K. Sepulveda, F. Besoain ja N. A. Barriga, ”Exploring Dynamic Difficulty Adjustment in Videogames”, teoksessa *2019 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, marraskuu 2019, s. 1–6. DOI: 10.1109/CHILECON47746.2019.8988068.
- [34] G. N. Yannakakis ja J. Togelius, *Artificial Intelligence and Games*, 2. painos. Springer International Publishing, 2025, Kirjan luonnos saatavilla: <https://61f90c.p3cdn1.secureserver.net/wp-content/uploads/2024/08/book2.pdf>. url: <https://gameaibook.org/>.
- [35] Y. Miyake, Y. Shirakami, K. Shimokawa ym. ”A Character Decision-Making System for FINAL FANTASY XV by Combining Behavior Trees and State Machines”, teoksessa *Game AI Pro 3*, A K Peters/CRC Press, 2017, s. 145–157, ISBN: 978-1-315-15170-0. DOI: 10.4324/9781315151700-11.
- [36] M. Dawe, ”Beyond the kung-fu circle: A flexible system for managing NPC attacks”, teoksessa *Game AI Pro*, S. Rabin, toim., 1. painos. New York, NY, USA: A K Peters/CRC Press, 11. syyskuuta 2013, s. 398–405, ISBN: 978-0-429-10027-7. DOI: 10.1201/b16725-34.
- [37] J. Orkin, ”Three states and a plan: the AI of FEAR”, teoksessa *Game developers conference*, 2006, s. 4.
- [38] J. Orkin, ”Applying goal-oriented action planning to games”, teoksessa *AI game programming wisdom 2*, S. Rabin, toim. Charles River Media, 2003, s. 217–228, ISBN: 1-58450-289-4.

- [39] J. Smed ja H. Hakonen, *Algorithms and Networking for Computer Games*, 2. painos. John Wiley & Sons, Ltd, 2017, ISBN: 9781119259770. DOI: 10.1002/9781119259770.
- [40] L. O'Brien. "How ubisoft's new generative AI prototype changes the narrative for NPCs", Ubisoft News. (19. maaliskuuta 2024), url: <https://news.ubisoft.com/en-us/article/5qXdxhshJBXoanFZApdG3L/how-ubisofts-new-generative-ai-prototype-changes-the-narrative-for-npcs> (viitattu 13.10.2024).
- [41] E. Alonso, M. Peter, D. Goumard ja J. Romoff, "Deep reinforcement learning for navigation in AAA video games", teoksessa *Proceedings of the Thirtieth International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI-21*, Z.-H. Zhou, toim., ISSN: 1045-0823, vol. 3, International Joint Conferences on Artificial Intelligence Organization, 9. elokuuta 2021, s. 2133–2139. DOI: 10.24963/ijcai.2021/294.
- [42] M. Iovino, E. Scukins, J. Styruud, P. Ögren ja C. Smith, "A survey of Behavior Trees in robotics and AI", *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 154, s. 104096, 2022, ISSN: 0921-8890. DOI: 10.1016/j.robot.2022.104096.
- [43] A. Fulneczek. "HOW-TO: Generate Navigation Data (Navmesh) - The Witcher 3 REDkit", CD PROJEKT RED. (26. huhtikuuta 2024), url: <https://cdprojektred.atlassian.net/wiki/spaces/W3REDkit/pages/16351233/HOW-TO+Generate+Navigation+Data+Navmesh> (viitattu 25.10.2024).
- [44] N. Poor, "Computer game modders' motivations and sense of community: A mixed-methods approach", *New Media & Society*, vol. 16, nro 8, s. 1249–1267, 2014. DOI: 10.1177/1461444813504266.
- [45] I. Goodfellow, Y. Bengio ja A. Courville, *Deep Learning*. MIT Press, 2016. url: <http://www.deeplearningbook.org> (viitattu 25.10.2024).

- 
- [46] A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar ym. ”Attention is all you need”, sarja NIPS’17, Long Beach, California, USA: Neural information processing systems foundation, 2017, s. 6000–6010, ISBN: 9781510860964. url: [https://papers.nips.cc/paper\\_files/paper/2017/hash/3f5ee243547dee91fbd053c1c4a845a](https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2017/hash/3f5ee243547dee91fbd053c1c4a845a)  
Abstract.html.
- [47] J. McCoy, M. Treanor, B. Samuel, N. Wardrip-Fruin ja M. Mateas, ”Comme il faut: A system for authoring playable social models”, *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*, vol. 7, nro 1, s. 158–163, 9. lokakuuta 2011, Number: 1, ISSN: 2334-0924. DOI: 10.1609/aiide.v7i1.12454.
- [48] J. McCoy, M. Mateas ja N. Wardrip-Fruin, ”Comme il faut: A system for simulating social games between autonomous characters”, 12. joulukuuta 2009. url: <https://escholarship.org/uc/item/6x5933cw> (viitattu 24. 10. 2024).