

Saara Honka

Videopelien vaikeustason dynaaminen mukautus

Tietotekniikan kandidaatintutkielma

17. joulukuuta 2023

Jyväskylän yliopisto

Informaatioteknologian tiedekunta

Tekijä: Saara Honka

Yhteystiedot: saara.a.honka@student.jyu.fi

Ohjaaja: Jonne Itkonen

Työn nimi: Videopelien vaikeustason dynaaminen mukautus

Title in English: Dynamic Difficulty Adjustment for Video Games

Työ: Kandidaatintutkielma

Opintosuunta: Tietotekniikka

Sivumäärä: 17+0

Tiivistelmä: Pelin haastavuustekijöiden mukauttaminen reaaliajassa pelaajan tarpeisiin on eräs tapa parantaa pelikokemusta. Tässä kirjallisuuskatsauksessa tarkastellaan dynaamisten vaikeustasojärjestelmien merkitystä ja esitetään erilaisia tapoja toteuttaa mukautuva järjestelmä. Mukautustekniikat on valittava pelin tarpeiden mukaan.

Avainsanat: dynaaminen vaikeustaso, pelikokemus

Abstract: One way to improve game feel is to adjust the factors that affect the game's difficulty in real time. This literature review will examine the significance of dynamic difficulty adjustment and present some ways to implement an adaptive system. Technologies for the adjustment must be chosen according to the requirements of the game.

Keywords: dynamic difficulty, game feel

Sisällys

1	JOHDANTO	1
2	VAIKEUSTASO VIDEOPELEISSÄ	2
2.1	Videopelit	2
2.2	Vaikeustason mittaaminen	3
3	VAIKEUSTASON VAIKUTUS PELIKOKEMUKSEEN	4
3.1	Pelikokemus	4
3.2	Haasteen merkitys osana pelikokemusta	5
4	DYNAAMISEN VAIKEUSTASOJÄRJESTELMÄN TOTEUTTAMINEN	7
4.1	Evoluutioalgoritmit	7
4.2	Proseduraalinen generointi	8
4.3	Pelaajan fyysiseen reaktioon reagoivat järjestelmät	9
5	YHTEENVETO	11
	LÄHTEET	12

1 Johdanto

Tässä tutkielmassa tarkastellaan dynaamisen vaikeustasojärjestelmän merkitystä ja toteuttamista videopeleissä kirjallisuuskatsauksen keinoin. Erilaisten toteutustapojen ominaisuuksia vertaillaan etenkin joustavuuden näkökulmasta. Joustavuudella tarkoitetaan järjestelmän sopeutuvuutta erilaisiin mukautustarpeisiin. Joustavien ratkaisujen käyttö on taloudellisesti kannattavaa kehitystiimeille, kun jokaista projektia varten ei tarvitse kehittää täysin uutta järjestelmää.

Zohaibin (2018) mukaan vaikeustason dynaaminen mukautus tarkoittaa pelin ominaisuuksien mukauttamista automaattisesti, reaaliaikaisesti ja huomaamattomasti, ilman että pelaajan tarvitsee itse valita ennalta määrättyistä vaikeustasovaihtoehdoista. Dynaamisissa järjestelmissä peli tulkitsee pelaajan toimintaa ja reagoi siihen muuttamalla jotain pelin ominaisuuksia, kuten vastustajien vahvuutta (Ebrahimi ja Akbarzadeh-T 2014) tai lukumäärää (Togelius ym. 2011). Tässä tutkielmassa tarkastellaan vaikeustason mukauttamista viihdepeleissä, joissa vaikeustasoa tarkastellaan pelikokemuksen ja nautinnon näkökulmasta, eikä vaikeustason tasapainottamisessa tarvitse ottaa huomioon esimerkiksi asiasisällön opettamista kuten opetuspeleissä.

Haastavuus tai vaikeustaso on eräs monista pelikokemukseen vaikuttavista tekijöistä. Esimerkiksi Sweetser ja Wyeth (2005) loivat Csíkszentmihályin (1990) optimaalisen kokemuksen teoriaan nojaten mallin, jolla voi tarkastella pelikokemukseen vaikuttavia tekijöitä. Mallin mukaan haastavuuden tulee vastata pelaajan taitotasoa, jotta pelikokemuksesta tulee miellyttävä, eikä tylsän helppo tai turhauttavan vaikea. Myös Schmierbach ym. (2014) totesivat, että haasteen ja taidon ollessa tasapainossa pelaajat tuntevat kyvykkyyttä, joka osaltaan parantaa pelikokemusta.

Seuraavaksi luvussa 2 esitellään kuinka videopelien vaikeustason tutkimista voidaan lähestyä. Luvussa 3 tarkastellaan pelikokemukseen vaikuttavia tekijöitä ja millainen merkitys haasteella on siinä. Luvussa 4 esitellään erilaisia tapoja lähestyä dynaamisen vaikeustasojärjestelmän toteuttamista. Lopuksi luvussa 5 on tutkielman yhteenveto.

2 Vaikeustaso videopeleissä

Tässä luvussa tarkastellaan tutkielman olennaisimpia käsitteitä. Seuraavaksi esitellään, mitä tässä tutkielmassa tarkoitetaan videopeleillä ja sen jälkeen käsitellään tapoja selvittää pelien haastavuutta.

2.1 Videopelit

Pelille on lukuisia eri määritelmiä, mutta on tärkeää havaita, etteivät kaikki määritelmät ole samojen tarkoituksien mukaisia (Stenros 2017). Eräs usein tarkasteltu määritelmä on Juulin (2005, luku 2) määrittelemä klassisten pelien malli, joka pyrkii löytämään yhtäläisyyksiä peleissä jopa 5000 vuoden ajalta. Mallissa peleillä on kuusi ominaisuutta. Ensiksi peleissä on sääntöjä, jotka määrittelevät mitä pelaaja voi tehdä ja mitä tekojen seurauksena tapahtuu. Seuraavat neljä ominaisuutta liittyvät pelin lopputulokseen. Pelin lopputulos on muuttuva ja mitattava. Erilaiset lopputulokset ovat eri arvoisia, ja pelaaja välittää minkä lopputuloksen hän saavuttaa. Pelaaja voi toiminnallaan vaikuttaa pelin lopputulokseen ja siten saavuttaa toivotun lopputuloksen. Eräs yksinkertainen esimerkki erilaisista lopputuloksista voisi olla pelaajan voitto tai häviö. Viimeisenä pelin oikean maailman seuraukset ovat neuvoteltavissa. Tässä määritelmässä videopelit ovat vain yksi pelien muoto pitkässä jatkumossa, eikä Juul (2005) pyri määrittelemään videopelejä omana ilmiönään.

Bergonse (2017) pyrki löytämään määritelmän nimenomaan videopeleille tarkastelemalla aiempia pelin määritelmiä. Hän tarkasteli muun muassa Juulin (2005) määritelmää ja kritisoi kuinka paljon se tukeutuu pelin lopputulokseen, sillä esimerkiksi monissa simulaatiopeleissä ei ole mitattavaa loppupistettä. Bergonse (2017) määrittelee videopelien olevan pelaajan ja koneen välistä vuorovaikutusta. Vuorovaikutusta pitää yllä pelaajan tunneside toimintansa seurauksiin fiktiivisessä kontekstissa, joka näyttäytyy koneen elektronisen visuaalisen näytön kautta. Määritelmä pyrkii löytämään olennaisimmat ominaisuudet, jotka kuvaavat koko videopelien historian kirjoa. Visuaalisen näytön nostaminen videopelien olennaiseksi ominaisuudeksi tarkoittaa, että määritelmä ei kata esimerkiksi ääneen perustuvia elektronisia pelejä.

2.2 Vaikeustason mittaaminen

Jotta pelin vaikeustasoa voidaan mukauttaa, täytyy pystyä selvittämään kuinka helppo tai vaikea peli oikeastaan on. Jagoda (2018) esitti, että pelin haastavuutta ei aina määritä vain mekaaniset, taitoa vaativat tehtävät, vaan peleissä voi olla myös tulkinnallisia sekä emotionaalisia haasteita. Tulkinalliset haasteet liittyvät pelin sisällön merkityksen tulkitsemiseen, ja Jagodan (2018) mukaan juontavat juurensa kirjallisuuden tutkimukseen. Emotionaaliset haasteet nousevat pelien tuottamista tunteista ja niiden käsittelystä.

Vaikeustasoa voi mitata eri tavoin. Fraser, Katchabaw ja Mercer (2014) pyrkivät luomaan tilastollisen tavan tunnistaa pelin haastavuuteen merkittävimmin vaikuttavat tekijät. Järjestelmässä suoritetaan faktorianalyysi, jonka avulla lasketaan valittujen tekijöiden merkisyys pelaajan toimintaan. Kirjoittajat esittivät järjestelmän heikkoudeksi laskentatehon tarpeen eksponentiaalisen kasvun tekijöiden lisääntyessä. Ongelmaa helpottaa se, että tekijät voidaan jakaa pieniin ryhmiin ja laskea erikseen.

Dziedzic ja Włodarczyk (2018) esittivät kolme erilaista järjestelmää mitata pelin haastavuutta, mistä pelisuunnittelija voi valita tarpeidensa mukaan. Ensimmäisessä esitettyssä tavassa tarkastellaan pelin päätöspuuta. Se toimii tilanteissa, joissa pelaaja voi valita rajallisesta määrästä toimintoja ja pelissä on selkeä, mitattava loppu. Tällöin voidaan analysoida pelaajan valitsemia polkuja ja miten se vertautuu esimerkiksi lyhimpään voittoon johtavaan polkuun. Ensimmäinen tapa sopii hyvin siis esimerkiksi vuoropohjaisiin strategiapeleihin, kuten shakkiin. Toinen esitetty tapa voidaan valita jos peli on säännöiltään tai toiminnoiltaan liian monimutkainen täydellisen päätöspuun tarkastelemiseen. Tällöin voidaan arvioida pelin ominaisuuksia. Tässä tavassa tarkastellaan tiettyjä ennalta määrättyjä parametreja, jotka voivat kuvata sekä pelin elementtejä että pelaajan toimintaa. Esimerkiksi ensimmäisen persoonan ammuntapeleissä voitaisiin tarkastella vastustajien määrää ja kuinka nopeasti pelaaja voittaa vastustajia. Pelaajan toimintaa mittaavia järjestelmiä käsitellään tässä tutkielmassa luvuissa 4.1 ja 4.2. Kolmas ja viimeinen esitetty tapa on tarkastella pelaajan tunteita pelin vaikeudesta. Tunteita voidaan mitata joko pelaajan fyysistä reaktiota mittaavalla anturilla tai pelaajan antamalla itsearviolla. Tätä tapaa voidaan käyttää kaiken tyyppisissä peleissä ja sen vahvuus on haastavuuteen liittyvän tiedon tarkkuus, mutta heikkoutena on mahdollisten antureiden saavutettavuus. Tällaisia järjestelmiä käsitellään enemmän luvussa 4.3.

3 Vaikeustason vaikutus pelikokemukseen

Pelikokemukseen vaikuttavia tekijöitä on useita ja ne näkyvät eri peleissä eri tavoin. Tässä luvussa lähdetään psykologisesta *flown* käsitteestä ja edetään kohti käytännön tutkimusta pelikokemuksesta ja tarkastellaan millainen rooli haasteella on siinä.

3.1 Pelikokemus

Csikszentmihályin (1990) esittämä optimaalisen kokemuksen teoria käsittelee sisäisesti palkitsevaa toimintaa, jossa toimija saavuttaa niin kutsutun flow-tilan. Optimaalinen kokemus on mahdollista, kun toiminta on haastavaa, mutta toimijan taidoilla suoritettavissa. Toimintaan täytyy voida keskittyä. Jos toiminnalla on selkeät tavoitteet ja siitä saa välitöntä palautetta, nämä vahvistavat keskittymistä. Flow-tilassa toiminta on sujuvaa ja toimija kokee hallinnan tunnetta tekemisestään. Arkiset huolet hälvenevät mielestä, tietoisuus itsestä sumenee ja ajan taju hämärtyy.

Csikszentmihályi (1990, s. 74) esitti flow-tilan kriittisimmiksi osiksi haasteen ja taidon. Flow on mahdollista, kun nämä kaksi ominaisuutta ovat tasapainossa, sillä toimijan taitoon nähden liian helppo tehtävä on tylsä, ja liian vaikea tehtävä taas turhauttava. Sweetser ja Wyeth (2005) esittivät Csikszentmihályin (1990) optimaalisen kokemuksen teoriaan nojautuvan mallin pelikokemuksen tarkastelemiseen. Tässä mallissa käsitellään edellä esitettyjen flow-tilan mahdollistavien tekijöiden, keskittymisen, haasteen, taidon, hallinnan, tavoitteiden, palautteen ja immersion lisäksi sosiaalista vuorovaikutusta ja pelin mahdollistavaa yhteisöllistä toimintaa. Näiden tekijöiden tarkkailu pelitestauksen ohella voi auttaa pelikokemuksen kehitystyötä.

Sánchez ym. (2012) esittivät, että tavanomaisen käyttäjäkokemuksen tutkimuksen työkalut ja käytettävyyden käsite eivät sovi sellaisenaan pelikokemuksen tutkimiseen. He esittivät pelattavuuden käsitteen, jonka merkittävin ero käytettävyyteen on niiden sovelluskohteiden erilaiset tavoitteet. Sánchez ym. (2012) mukaan pelattavuus edustaa, kuinka tehokkaasti, tyydyttävästi ja hauskaasti pelaaja voi saavuttaa pelin kontekstissa annetut tavoitteet. Pelattavuudessa tarkastellaan seuraavia osa-alueita: tyydyttävyyttä, opittavuutta, tehokkuutta, immersioa, motivaatiota

tio, tunteet ja sosiaalistuminen.

3.2 Haasteen merkitys osana pelikokemusta

Haaste on siis osatekijänä pelikokemuksen muodostumisessa. Tässä luvussa tarkastellaan kuinka haasteen erilaiset muodot vaikuttavat pelikokemukseen.

Schmierbach ym. (2014) tutkivat pelin vaikeustason vaikutusta kompetenssin tunteeseen ja pelikokemukseen. Heidän tuloksissaan kävi ilmi, että vaikeampaa tasoa pelanneet kokivat vähemmän kompetenssia, mikä vähensi kokemusta taidon ja haasteen tasapainosta, joka puolestaan on flow-tilan mahdollistava tekijä. Tutkimuksessa osallistujat jaettiin satunnaisesti kahteen ryhmään, ja he pelasivat helpompaa tai vaikeampaa tasoa samasta pelistä. Tutkimuksessa ei siis voitu ottaa huomioon osallistujien aiemman kokemuksen ja taidon määrää suhteessa pelin vaikeustasoon. Sen sijaan Alexander, Sear ja Oikonomou (2013) tutkivat ajoittain pelaavien ja kokeneiden pelaajien eroja. Heidän tuloksissaan tuli ilmi, että haasteen tulee sopia pelaajan pelityyliin ja kokemuksen määrään, eikä niinkään varsinaiseen taidon määrään.

Ang ja Mitchell (2017) tarkastelivat kuinka erilaiset vaikeustasojärjestelmät vaikuttavat flow-tilan eri osa-alueisiin. Tarkasteltavat järjestelmät olivat staattinen vaikeustaso, pelaajan valitsema vaikeustaso sekä pelaajan toimintaan automaattisesti reagoiva vaikeustaso. Tuloksissa staattinen, jokaiselle pelaajalle sama vaikeustaso oli kokonaisuudessa heikoin. Pelaajan valitsemassa vaikeustasossa hallinnan tunne oli korkein, mutta siinä oli myös enemmän itsetietoisuutta kuin mukautuvassa vaikeustasossa. Mukautuvassa vaikeustasossa tietoisuus ajasta ja itsestä hämärtyivät siis eniten, mikä voi viitata parempaan immersioon, hallinnan tunteen kustannuksella.

Hagelbäck ja Johansson (2009) tutkivat erilaisten vastustajien vaikutusta pelikokemukseen reaaliaikaisessa strategiapelissä. Tutkimuksen osallistujat testasivat yhtä viidestä saman pelin versiosta ja antoivat itsearvion vastustajan miellyttävyydestä, vahvuudesta ja vaihtelevuudesta. Vastustajissa oli kaksi staattista vastustajaa, vaikeampi ja helpompi, sekä kolme mukautuvaa vastustajaa, jotka mukautuivat eri nopeuksilla. Yksi mukautuvista vastustajista pudotti haastavuutta pelin lopussa ja siten antoi pelaajan voittoa joka kerta. Osallistujat arvioivat pe-

lin aikana mukautuvat vastustajat hauskemiksi, verraten staattisiin vastustajiin. Kuitenkin mukautuva vastustaja, joka pudotti vaikeuttaan pelin lopussa, koettiin liian helpoksi voittaa ja siten tylsäksi. Tällainen vastustaja voikin haitata optimaaliseen kokemukseen vaadittavaa hallinnan tunnetta.

Erilaiset vaikeustasojärjestelmät vaikuttavat siis eri tavoin optimaalisen kokemuksen eri osaluokkiin. Erityisesti esillä ovat haasteen ja taidon tasapaino, sekä hallinnan tunne. Käsiteltyjen tutkimusten valossa näyttää siltä, että mukautettavaa järjestelmää toteuttaessa vaikeustason mukautus tulee toteuttaa siten, että se ei vie liikaa hallinnan tunnetta pelaajalta. Pelaajalla tulee pysyä tunne siitä, että hän on vastuussa pelin tapahtumista.

4 Dynaamisen vaikeustasojärjestelmän toteuttaminen

Tässä luvussa tarkastellaan kolmea erilaista tapaa luoda mukautettava vaikeustasojärjestelmä. Tavat sopivat erilaisiin mukautustarpeisiin.

4.1 Evoluutioalgoritmit

Booker, Goldberg ja Holland (1989) mukaan evoluutioalgoritmit ovat luokittelujärjestelmiä, jotka valitsevat jonkin määritellyn kriteerin kannalta vahvoja ehdokkaita, tekevät niiden pohjalta uusia ehdokkaita ja korvavat näillä heikoimmat ehdokkaat. Siten jatkuvan testauksen kautta kanta kehittyy määritellyn kriteerin kannalta vahvemmaksi ja noudattelee karkeasti luonnossa nähtävää evoluutiota. Pelien kontekstissa muutoksen laukaiseva tekijä voisi olla esimerkiksi pelaajan elämäpisteiden määrä. Esimerkiksi ammuntopelissä voitaisiin sitten käyttää evoluution kriteerinä kuinka hyvin ehdokkaat osuvat ampuessaan pelaajaa kohti. Helppompaa kokemusta tavoitellessa valittaisiin huonosti tähtääviä ehdokkaita, kun taas vaikeaa kokemusta tavoitellessa hyvin tähtääviä. Evoluutioalgoritmit ovat hyvä valinta pelien reaaliaikaiseen mukautukseen, sillä ne ovat kehitetty omaksumaan ja käyttämään uutta informaatiota yhtäjaksoisesti.

Ebrahimi ja Akbarzadeh-T (2014) loivat ei-pelaaja-hahmoja mukauttavan järjestelmän neuroverkkojen ja evoluutioalgoritmien avulla. Järjestelmässä jokaisella ei-pelaaja-hahmolla on neuroverkko, joka määrää hahmon liikkeitä, ja pelaajan toiminnan perusteella neuronien välisiä painoja muutetaan evoluutioalgoritmeilla. Järjestelmää testattiin Pac-Man-pelin kaltaisella pelillä. Pac-Manissa pelaajan tavoitteena on liikkua labyrintissa ja kerätä sieltä kaikki pisteet samalla väistellen haamuja. Algoritmin tavoitteena oli siis mukauttaa, kuinka haamut liikkuvat labyrintissa ja kuinka hyökkäävästi ne seuraavat pelaajaa. Neuroverkon opetus oli kaksivaiheinen, ensin suoritettiin ohjatun oppimisen vaihe, ja sitten neuroverkkoa kehitettiin asteittain ohjatulla oppimisella.

Shakhova ja Zagarskikh (2019) tutkivat myös mukautusjärjestelmän luomista neuroverkoilla joiden neuronien välisiä painoja kehitettiin evoluutioalgoritmeilla. Järjestelmä seuraa pelaajan suoriutumista ja muuttaa ei-pelaaja-hahmojen ominaisuuksia. Tätä järjestelmää testat-

tiin reaaliaikaisessa ensimmäisen persoonan kamppailupelissä ja mukautuksen tavoitteena oli muuttaa vastustajan toimintaa. Järjestelmä seuraa pelaajan ja vastustajan elämäpisteitä sekä kuinka monta kertaa pelaaja on onnistunut torjumaan hyökkäyksiä, ja päättää niiden perusteella hyökkääkö vai puolustautuuko vastustaja.

Evoluutioalgoritmien avulla voi siis muuttaa pelin ominaisuuksia reaaliajassa. Esitetyissä tutkimuksissa muutettiin vastustajien liikkeitä ja toimintaa. Vastaavia järjestelmiä voitaisiin käyttää myös vastustajien voiman tai elämäpisteiden mukauttamiseen.

4.2 Proseduraalinen generointi

Togelius ym. (2011) määrittivät proseduraalisen generoinnin (engl. *Procedural Content Generation*, PCG) pelin sisällön algoritmiseksi luonniksi, johon liittyy rajallista tai epäsuoraa pelaajan syötettä. Tässä pelaajan syöte voi rajoittua vain pelin käynnistämiseen, tai algoritmi voi reagoida pelaajan toimintaan pelin aikana, mutta pelaaja ei itse suoraan luo sisältöä. Sisältö tässä tilanteessa tarkoittaa esimerkiksi pelin kenttiä, tekstuureita, esineitä, musiikkia tai hahmoja (Shaker, Togelius ja Nelson 2016). Togelius ym. (2011) huomauttavat, että PCG:n voi kuulua satunnaisuutta tai mukautuvuutta, mutta nämä eivät ole määritelmän mukaan välttämättömiä. Seuraavaksi tarkastellaan kuinka PCG:tä voi hyödyntää pelin kenttien mukautukseen.

Shi ja Chen (2018) tutkivat pelaajan toimintaan reagoivien kenttien luomista PCG:n avulla *Super Mario Bros* -peliin. He yhdistivät sääntöpohjaisia ja oppimispohjaisia menetelmiä kenttien laadun varmistamiseksi. Kenttien luonnissa säännöt ovat välttämättömiä, jotta kentistä tulee mahdollisia läpäistä. Shi ja Chen (2018) loivat ensin algoritmisesti alustavan joukon kenttäpalasia yksinkertaisten sääntöjen pohjalta. Sääntöihin kuului muun muassa, että tietyt elementit eivät saa olla päällekkäin. Näistä palasista tutkijat valitsivat esteettisesti ja toiminnallisesti parhaiten tavoitetta kuvaavan osajoukon ja käyttivät sitä aktiivisen koneoppimisen pohjana. Tämä jälkeen järjestelmä osaa luoda laadukkaita pelikentän palasia, joiden luomisen voi laukaista pelaajan toiminnan mukaan.

Proseduraalisella generoinnilla toteutettava vaikeustason mukautus toimii siis tilanteissa, joissa pelin sisältöä voidaan luoda pelin edetessä, eikä kaiken sisällön tarvitse olla saavutet-

tavissa välittömästi. Kenttien luonnin lisäksi mukautus voi tapahtua esimerkiksi lisäämällä peliin vihollisia tai hyödyllisiä esineitä.

4.3 Pelaajan fyysiseen reaktioon reagoivat järjestelmät

Aiemmissä alaluvuissa käsitellyt algoritmit ovat käyttäneet pelaajan suoriutumista pelissä mukautuksen pohjana. Tässä luvussa tarkastellaan järjestelmiä, jotka mittaavat jotakin pelaajan fyysistä ominaisuutta, kuten aivosähkökäyrää tai kasvojen ilmeitä, ja siten mukautus voi reagoida pelaajan tunteisiin suoriutumisen lisäksi.

Stein ym. (2018) mittasivat pelaajan innostuneisuutta aivosähkökäyrän (*elektroenkefalografia*, EEG) avulla ja käyttivät tätä dataa pelin mukautuksen laukaisemiseen. Kokeiden pohjana käytettiin kolmannen persoonan ammuntopeliä. Heidän kokeissaan kävi ilmi että pelaajat kokivat enemmän innostuneisuutta EEG:n avulla mukautetussa pelissä toimintaan perustuvaan mukautustapaan sekä mukauttamattomaan peliin verrattuna. Aivosähkökäyrän avulla voidaan saada tarkempaa tietoa pelaajan reaaliaikaisista tunnetiloista kuin pelaajan toimintaa tarkkailemalla. Tämä kuitenkin vaatii mittauslaitteistoa, joka ei ole saavutettavaa kaupallisille markkinoille.

Liu ym. (2009) päättivät käyttää fysiologisia merkkejä pelin mukautuksen laukaisemiseen, sillä nämä eivät ole tahdonalaisia ja siten kuvaavat aitoja affektiivisiä tiloja paremmin kuin tunteiden ulkoiseen näyttöön perustuvat mittaustavat. Tutkimuksessa mitattiin useita fysiologisia merkkejä, kuten sydämen toimintaa, sekä ihon ja lihasten sähkökäyriä. Pääasialliseksi mittauskohteeksi valittiin ahdistuneisuus, joka on hyvin erilainen lähestymistapa kuin aiemmin käsitelty Steinin ym. (2018) innostuneisuuteen perustuva tutkimus. Heidän testeissään kävi kuitenkin vastaavasti ilmi, että pelaajat kokivat affektiivisten tilojen perusteella mukautuvan pelin suorituksen mukaan mukautuvaa peliä miellyttävämmäksi.

Akbar ym. (2019) tutkivat kuinka kasvojen ilmeiden perusteella mukautuvan pelin pelikokemus eroaa saman pelin staattisesta versiosta. Versioiden välillä ei ollut suurta eroa negatiivisissa vaikutuksissa, mutta *flown* monet osa-alueet olivat läsnä enemmän mukautuvassa versiossa. Ilmeisiin perustuvan mittauksen voi suorittaa tavanomaisen web-kameran avulla, jolloin tämä tapa on tässä tutkielmassa esitetyistä fyysisen mittauksen tavoista saavutettavin

kaupalliseenkin käyttöön.

Fyysiseen reaktioon perustuvat järjestelmät ovat tehokkaita peleissä, joissa tunteet ovat olennainen osa pelikokemusta. Tulevaisuudessa olisi mielenkiintoista nähdä tutkimusta, kuinka tunteiden perusteella toimiva mukautusjärjestelmä vaikuttaa yleisen pelikokemuksen lisäksi immersioon tai tarinnallisten pelien vaikuttavuuteen. Näiden järjestelmien heikkoutena on kuitenkin mittauslaitteiden saavutettavuus, joka tekee järjestelmien kaupallisesta hyödyntämisestä kannattamatonta.

5 Yhteenveto

Tässä tutkielmassa on tutkittu vaikeustason merkitystä videopeleissä ja dynaamisten vaikeustasojärjestelmien mahdollisia toteutustapoja. Haastavuudella on rooli optimaalisen pelikokemuksen ja flow-tilan saavuttamisessa. Mukautuville järjestelmille on löydetty puoltavaa tutkimusta, mutta pelisuunnittelijan on harkittava projektikohtaisesti, onko tällaisen järjestelmän kehitys kannattavaa. Suunnittelun lähtökohta voidaan tämän tutkielman näkökulmasta valita mukautettavan seikan mukaan. Jos halutaan mukauttaa pelin ominaisuuksia, voi valita evoluutioalgoritmit. Jos mukautettavana on pelin ympäristö, voi mukautukseen käyttää proseduraalista generointia. Jos taas halutaan mukauttaa pelaajan tunteita, toisin sanoen luoda erityisen immersiiivinen kokemus, voidaan käyttää pelaajan fyysistä tunnereaktiota mittaavaa järjestelmää.

Tutkielman heikkoutena on tarkasteltujen mukautustapojen vähyys. Kandidaatintutkielman laajuudessa on haastavaa saada syvälinen kokonaiskuva aiheesta riittävän laajalla taustoituksella. Tutkielman heikkoutena voidaan pitää myös verrattain tuoretta lähdemateriaalia videopelien historiaan nähden.

Tulevaisuudessa erilaisia mukautusjärjestelmiä voisi vertailla laajemmin ja teknisemmästä näkökulmasta. Tämän tutkielman lähdemateriaalissa monessa artikkelissa esitettiin käytetyt algoritmit vain periaatteen tasolla, eikä tarkkoja algoritmeja ole julkisesti saatavilla, joten tarkempi tekninen tarkastelu vaatisi enemmän julkista tutkimusta aiheesta.

Lähteet

Akbar, M. Taufik, M. Nasrul Ilmi, Imanuel V. Rumayar, Jurike Moniaga, Tin-Kai Chen ja Andry Chowanda. 2019. “Enhancing Game Experience with Facial Expression Recognition as Dynamic Balancing”. *Procedia Computer Science*, The 4th International Conference on Computer Science and Computational Intelligence (ICCSCI 2019) : Enabling Collaboration to Escalate Impact of Research Results for Society, 157 (tammikuu): 388–395. ISSN: 1877-0509. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.230>.

Alexander, Justin T., John Sear ja Andreas Oikonomou. 2013. “An investigation of the effects of game difficulty on player enjoyment”. *Entertainment Computing* 4, numero 1 (helmikuu): 53–62. ISSN: 1875-9521. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2012.09.001>.

Ang, Dennis ja Alex Mitchell. 2017. “Comparing Effects of Dynamic Difficulty Adjustment Systems on Video Game Experience”. Teoksessa *Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, 317–327. CHI PLAY '17. Amsterdam, The Netherlands: Association for Computing Machinery, lokakuu. ISBN: 978-1-4503-4898-0. <https://doi.org/10.1145/3116595.3116623>.

Bergonse, Raffaello. 2017. “Fifty Years on, What Exactly is a Videogame? An Essentialistic Definitional Approach”. *The Computer Games Journal* 6, numero 4 (syyskuu): 239–255. ISSN: 2052-773X. <https://doi.org/10.1007/s40869-017-0045-4>.

Booker, L. B., D. E. Goldberg ja J. H. Holland. 1989. “Classifier systems and genetic algorithms”. *Artificial intelligence* 40 (1): 235–282. ISSN: 0004-3702. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(89\)90050-7](https://doi.org/10.1016/0004-3702(89)90050-7).

Csikszentmihályi, Mihály. 1990. *Flow: the psychology of optimal experience*. New York: Harper & Row. ISBN: 978-0-06-016253-5.

Dziedzic, Dagmara ja Wojciech Włodarczyk. 2018. “Approaches to Measuring the Difficulty of Games in Dynamic Difficulty Adjustment Systems”. *International Journal of Human-Computer Interaction* 34, numero 8 (elokuu): 707–715. ISSN: 1044-7318. <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1461764>.

- Ebrahimi, Adeleh ja Mohammad-R. Akbarzadeh-T. 2014. “Dynamic difficulty adjustment in games by using an interactive self-organizing architecture”. Teoksessa *2014 Iranian Conference on Intelligent Systems (ICIS)*, 1–6. Bam, Iran, helmikuu. <https://doi.org/10.1109/IranianCIS.2014.6802557>.
- Fraser, James, Michael Katchabaw ja Robert E. Mercer. 2014. “A methodological approach to identifying and quantifying video game difficulty factors”. *Entertainment Computing* 5, numero 4 (joulukuu): 441–449. ISSN: 1875-9521. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2014.08.004>.
- Hagelbäck, Johan ja Stefan J. Johansson. 2009. “Measuring player experience on runtime dynamic difficulty scaling in an RTS game”. Teoksessa *Proceedings of the 2009 IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games*, 46–52. ISSN: 2325-4289. Milano, Italy, syyskuu. <https://doi.org/10.1109/CIG.2009.5286494>.
- Jagoda, Patrick. 2018. “On Difficulty in Video Games: Mechanics, Interpretation, Affect”. *Critical Inquiry* 45 (1): 199–233. <https://doi.org/10.1086/699585>.
- Juul, Jesper. 2005. *Half-Real : Video Games Between Real Rules and Fictional Worlds*. Cambridge, Mass: The MIT Press. ISBN: 978-0-262-10110-3.
- Liu, Changchun, Pramila Agrawal, Nilanjan Sarkar ja Shuo Chen. 2009. “Dynamic Difficulty Adjustment in Computer Games Through Real-Time Anxiety-Based Affective Feedback”. *International Journal of Human–Computer Interaction* 25, numero 6 (elokuu): 506–529. ISSN: 1044-7318. <https://doi.org/10.1080/10447310902963944>.
- Sánchez, José Luis González, Francisco Luis Gutiérrez Vela, Francisco Montero Simarro ja Natalia Padilla-Zea. 2012. “Playability: analysing user experience in video games”. *Behaviour & Information Technology* 31, numero 10 (lokakuu): 1033–1054. ISSN: 0144-929X. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2012.710648>.
- Schmierbach, Mike, Mun-Young Chung, Mu Wu ja Keunyeong Kim. 2014. “No one likes to lose: The effect of game difficulty on competency, flow, and enjoyment”. *Journal of Media Psychology: Theories, Methods, and Applications* 26 (3): 105–110. ISSN: 1864-1105. <https://doi.org/10.1027/1864-1105/a000120>.

Shaker, Noor, Julian Togelius ja Mark J. Nelson. 2016. *Procedural Content Generation in Games*. Computational Synthesis and Creative Systems. Springer. ISBN: 978-3-319-42714-0 978-3-319-42716-4. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-42716-4>.

Shakhova, Mariia ja Aleksandr Zagarskikh. 2019. “Dynamic Difficulty Adjustment with a simplification ability using neuroevolution”. *Procedia Computer Science*, 8th International Young Scientists Conference on Computational Science, YSC2019, 24-28 June 2019, Heraklion, Greece, 156 (tammikuu): 395–403. ISSN: 1877-0509. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.219>.

Shi, Peizhi ja Ke Chen. 2018. “Learning Constructive Primitives for Real-Time Dynamic Difficulty Adjustment in Super Mario Bros”. *IEEE Transactions on Games* 10, numero 2 (kesäkuu): 155–169. ISSN: 2475-1510. <https://doi.org/10.1109/TCIAIG.2017.2740210>.

Stein, Adi, Yair Yotam, Rami Puzis, Guy Shani ja Meirav Taieb-Maimon. 2018. “EEG-triggered dynamic difficulty adjustment for multiplayer games”. *Entertainment Computing* 25 (maaliskuu): 14–25. ISSN: 1875-9521. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2017.11.003>.

Stenros, Jaakko. 2017. “The Game Definition Game: A Review”. *Games and Culture* 12, numero 6 (syyskuu): 499–520. ISSN: 1555-4120. <https://doi.org/10.1177/1555412016655679>.

Sweetser, Penelope ja Peta Wyeth. 2005. “GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games”. *Computers in Entertainment* 3, numero 3 (heinäkuu): 3. <https://doi.org/10.1145/1077246.1077253>.

Togelius, Julian, Emil Kastbjerg, David Schedl ja Georgios N. Yannakakis. 2011. “What is procedural content generation? Mario on the borderline”. Teoksessa *Proceedings of the 2nd International Workshop on Procedural Content Generation in Games*, 1–6. PCGames '11. Bordeaux, France: Association for Computing Machinery, kesäkuu. ISBN: 978-1-4503-0872-4. <https://doi.org/10.1145/2000919.2000922>.

Zohaib, Mohammad. 2018. “Dynamic Difficulty Adjustment (DDA) in Computer Games: A Review”. Toimittanut Hideyuki Nakanishi. *Advances in Human - Computer Interaction* 2018. ISSN: 16875893. <https://doi.org/10.1155/2018/5681652>.