



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Atte Franssila

Peliteoreettinen optimipokeri ja sen toteutuminen käytännössä

Laskentatoimen ja rahoituksen yksikkö
Taloustieteen Pro Gradu -tutkielma
Taloustieteen koulutusohjelma

Vaasa 2024

VAASAN YLIOPISTO**Laskentatoimen ja rahoituksen yksikkö**

Tekijä:	Atte Franssila		
Tutkielman nimi:	Peliteoreettinen optimipokeri ja sen toteutuminen käytännössä		
Tutkinto:	Kauppatieteiden maisteri		
Oppiaine:	Taloustiede		
Työn ohjaaja:	Petri Kuosmanen		
Valmistumisvuosi:	2024	Sivumäärä:	75

TIIVISTELMÄ:

Peliteoria on matematiikan ja taloustieteen ala, joka tutkii strategisia vuorovaikutuksia rationaalisten päätöksentekijöiden välillä. Se tarjoaa kehyksen analysoida tilanteita, joissa yhden toimijan päätös vaikuttaa toisen osapuolen päätöksiin ja päinvastoin. Sillä on käyttöä monilla aloilla, mukaan lukien suosituksissa korttipelissä Texas Hold'em. Pokerissa peliteoriaoptimaalinen strategia GTO (Game Theory Optimal) on ihannelähestymistapa päätöksentekoon, tarkoituksena maksimoida koko strategian odotusarvo samalla minimoiden haavoittuvuus mahdolliselle eksploitaatiolle. Eksploitaatiolla tarkoitetaan vastustajan strategisten taipumusten maksimaalista hyödyntämistä omaksi edukseen.

Tässä Pro Gradu -tutkielmassa selvitetään ihmisen kykyä toteuttaa peliteoriaoptimaalista pokeria käytännössä. Tutkimuksen kohteena ovat pokerinpelaajat korkeimpien mahdollisten sisäänostojen pokeriturnauksissa Triton -pokerikiertueilla. Pelaajien suoriutumista verrattuna peliteoriaoptimiin analysoidaan GTO Wizard yrityksen tekoälyratkaisijaa hyödyntäen. Tekoälyratkaisija laskee strategialle Nash-tasapainon kussakin tilanteessa.

Tässä tutkimuksessa näytetään, että pokerin korkeimmalla tasolla pelaajat luottavat omaan intuitioonsa ja poikkeavat jatkuvasti peliteoriaoptimaalisesta pokerista. Optimaaliseen pokeriin verrattuna pokerinpelaajat tekevät merkittävän määrän virheitä, joista osa on myös isoja virheitä. Tutkimustulokset tarjoavat uniikkia näkemystä peliteoriaoptimaalisten strategioiden käyttöön korkeiden panosten pokeriturnauksissa haastaen käsitystä, että ammattipokerinpelaajat jatkuvasti noudattavat teoriaa strategiassaan. Tämä tuo lisäarvoa aikaisempiin tutkimuksiin, ja korostaa käytännön haasteita ihmisten yrittäessä toteuttaa peliteoreettisia strategioita. Tutkimus tuo myös lisänäkemyksiä monimutkaiseen vuorovaikutukseen teorian ja käytännön välillä ammattilaispokerissa.

Havainnot alleviivaavat päätöksenteon monimutkaisuutta strategisissa ympäristöissä, joissa ihmisen intuitio usein on ristiriidassa teorian kanssa. Ammattilaispokerinpelaajien tekemien poikkeamien ymmärtäminen avaa näkymiä laajempaan haasteeseen teoreettisten viitekehysten soveltamisessa käytännön tilanteisiin myös muilla aloilla kuin pokeri. Tutkimuksen löydökset peliteorian käytännön toteutuksen haasteista kaventavat siltaa teoreettisten mallien ja oikean elämän päätöksenteon välillä yli eri toimialojen. Ihmisten intuitio ja kognitiiviset vinoutumat ovat merkittävässä roolissa strategisessa päätöksenteossa. Tämän dynamiikan ja näiden haasteiden ymmärtäminen ei ainoastaan rikasta ymmärrystämme pokeristrategiasta, vaan myös antaa tietoa laajempaan keskusteluun päätöksenteosta eri aloilla.

AVAINSANAT: Peliteoria, pokeri, strategia, päätöksenteko, käyttäytymistaloustiede

Sisällys

Sisällysluettelo

1	Johdanto	6
2	Pokeri taloudellisena ilmiönä	9
2.1	Texas Hold'em pokerimuodon matka suosituimmaksi pokeripeliksi	9
2.2	Nettipokerin menestys ja haasteet	10
2.3	Nettipokerin uhkakuvat	12
2.4	Pokeribottien tuottoisuus	15
3	Optimaalinen pokeristrategia ja sen toteuttamisen haasteet	17
3.1	Peliteorian peruseriaatteita	17
3.1.1	Nash-tasapaino	18
3.1.2	Sekoitettu strategia, yhdentekevyyys ja satunnaistaminen	19
3.2	GTO-ratkaisijat ja tekoäly pokerissa	21
3.3	MDF ja Alfa, bluffaaminen pokerissa	24
3.4	Optimaalisen pokeristrategian toteuttamisen inhimilliset haasteet	26
3.4.1	Rajoitettu rationaalisuus	27
3.4.2	Talon raha ja omille pääseminen -efekti	28
3.4.3	Viimeaikaisuusvinoutuma	29
3.4.4	Vahvistusharha	31
3.4.5	Ihmisten kyky satunnaistaa	32
3.4.6	Eksplloitaaminen ja vastaeksplloitaaminen	34
4	Peliteoreettisen optimistrategian herkkyys	37
4.1	Panostaminen riverillä, kun vastustaja luovuttaa liikaa	37
4.2	Panostaminen riverillä, kun vastustaja luovuttaa liian harvoin	41
4.3	Maksaminen riverillä, kun vastustaja ei bluffaa tarpeeksi	42
4.4	Maksaminen riverillä, kun vastustaja bluffaa liikaa	43
4.5	Yhteenveto ja huomioita esimerkkipeleistä	43
5	Peliteoriaoptimista poikkeaminen korkeiden panosten pokeriturnauksissa	45
5.1	Tutkimusmetodi	46

5.2	Odotukset ja hypoteesit	48
5.3	Tulokset	49
5.3.1	Vertaileva analyysi: amatööripelaajat vs. ammattilaispelaajat	52
5.3.2	Luottamusvälit	53
5.3.3	River-poikkeamien analyysi	55
5.4	Tutkimuksen rajoitukset ja muut huomioon otavat asiat	61
6	Johtopäätökset	64
	Lähteet	67
	Liitteet	73
	Liite 1. Texas Hold'em pokerin säännöt ja pelinkulku	73

Kuvat

Kuva 1.	Bottifarmien tuottavuus WPN pokeriverkossa.	15
Kuva 2.	Kolikkoesimerkki vahvistusharhasta Steve Pinkerin kirjan sivu 12 esimerkkiä mukaillen.	31
Kuva 3.	Pelaajan HJ strategia.	39
Kuva 4.	Pelaajan BB strategia, kun hän kohtaa pelaajan HJ panostuksen.	39
Kuva 5.	Pelaajan HJ strategian, kun pelaaja BB luovuttaa 55 % ajasta.	40
Kuva 6.	Pelaajan HJ strategia, kun BB luovuttaa liian harvoin.	41
Kuva 7.	Alibluffaamisen vaikutus pelaajan BB strategiaan.	42
Kuva 8.	BB pelaajan strategia HJ pelaajan bluffatessa liikaa.	43
Kuva 9.	Triton -turnausten pelaajaryhmien menestyksen vertailua.	53
Kuva 10.	Peliteoriaoptimaalinen strategia Haxtonin kohtaamassa tilanteessa.	56
Kuva 11.	Petrangelon tilanteessa suositeltu peliteoriaoptimaalinen strategia.	58
Kuva 12.	Chidwickin strategia kohdatessaan potin kokoinen lyönti riverillä.	59

1 Johdanto

Pokeri on toimialana käynyt läpi paljon erilaisia nousu- ja laskusuhdanteita. Pokeri koki räjähdysmäisen nousun 2000-luvun alussa, kun televisioiduissa pokerilähetyksissä otettiin käyttöön kamera, ja katsojat kotona pystyivät näkemään pelaajien kortit. Pokerin nykyinen markkina-arvo oli Custom Market Insights (CMI) mukaan noin 76 miljardia Yhdysvaltain dollaria vuonna 2021 ja sen odotetaan kasvavan 12 % vuodessa vuoteen 2030 asti (Customermarketinsights 2022).

Pokeristrategia on muuttunut matkan varrella huomattavasti, ja korkeimmalla tasolla pokeria pelataan hyvin eri lailla kuin vuonna 2003. Tämä johtuu peliteorian lisääntyneestä käytöstä. Peliteoriaoptimistrategia GTO (Game Theory Optimal) on vienyt aikaisemman intuitioon ja vastustajan ilmeiden ja eleiden perusteella tehdyn päätöksenteon rationaalisempaan suuntaan. Pokerin tv-lähetyksiä kotona seuratessaan katsojat saattavat kortit nähtyään pitää itsestään selvyytenä, miten pelaajien olisi kuulunut pelata. Todellisuudessa pelaajien päätöksentekoprosessi on hyvin moniulotteista. Siihen on tarvittu vuosien harjoittelua erilaisten tekoälyyn ja simulointiin perustuvien ohjelmien avulla. Ratkaisijat (eng. solver) ovat Nash-tasapainostrategiaa laskevia ohjelmia. Ne laskevat optimaalista pokeristrategiaa niille annettujen parametrien rajoissa.

Viime vuosina pokerimaailmaa on vallinnut väittely siitä, keskittyykö paras mahdollinen strategia GTO-pokeriin vai vastustajien heikkouksien hyväksikäyttöön (exploitative). Peliteoriaoptimistrategian (GTO) pääideana on strategian tasapaino. Eräs suosituimmista pokeriopetusta tarjoavista yrityksistä Pokercode mainostaa, että hyväksikäyttöstrategia (jatkossa eksplotiivinen) olisi täysi vastakohta GTO-strategialle (Pokercode). Tässä Pro Gradu -tutkielmassa on tarkoituksena tutkia GTO-strategioiden (jatkossa optimipokeri) ja eksplotiivisten strategioiden välistä yhteyttä, ja sitä onko optimipokerin ymmärtäminen välttämätöntä käyttääkseen tehokkaasti eksplotiivista strategiaa. Tutkielmassa halutaan selvittää, kuinka hyvin pokeriammatillaiset

noudattavat optimipokeria korkeimman tason pokeriturnauksissa. Lisäksi pohditaan mahdollisia syitä sille, miksi pokeriammattilaiset poikkeavat optimistrategiasta.

Tässä tutkielmassa perehdymme peliteoriaoptimaalisten strategioiden käytännön haasteisiin pokerissa. Tarkastelemme erityisesti optimaalisten strategioiden herkkyyttä vastustajien käyttäytymisen vaihtelulle. Hyödyntämällä oivalluksia käyttäytymistaloustieteestä ja aiemmista tutkimuksista, pyrimme selvittämään tekijöitä, jotka saavat pelaajat poikkeamaan tasapainostrategiasta. Ihmisen tunteet ja kognitiiviset vinoutumat vaikuttavat usein voimakkaasti päätöksentekoon pokerissa. Optimaalisten strategioiden on sopeuduttava dynaamisesti vastustajien taipumuksiin, kuten bluffausfrekvenssiin tai riskinottohalukkuuteen. Tutkielma pyrkii tarkastelemaan strategisen päätöksenteon monimutkaisuutta, erityisesti korkeiden panosten pokeriympäristössä, jossa kohtaamiset samojen vastustajien kanssa ovat yleisiä. Tavoitteena on havainnollistaa optimipokerin pelaamisen käytännön haasteita ja sitä, kuinka jopa pienet poikkeamat voivat vaikuttaa tasapainostrategiaan merkittävästi.

Peliteoreettinen optimistrategia (jatkossa optimipokeri) olettaa vastustajan pelaavan täydellisen rationaalisesti, matemaattisesti tasapainoista strategiaa. Optimipokeri perustuu oletukseen, että myös vastustaja pelaa täydellistä pokeria eli hänen strategiassaan ei ole heikkouksia, joita vastapuoli voisi hyödyntää. Kumpikaan pelaaja ei voi muuttaa strategiaansa nykyisestä saadakseen hyötyä, vaan siitä poikkeaminen heikentäisi koko strategian odotusarvoa. Pelkästään optimipokerin opettaminen on ongelmallista, koska ihminen käyttäytyy monissa päätöksentekotilanteissa epärationaalisesti.

Pokeristrategian tutkiminen tarjoaa arvokkaita näkemyksiä päätöksentekoon, inhimilliseen käyttäytymiseen ja rationaalisuuteen epävarmuuden vallitessa. Monimutkaisena yhdistelmänä strategiaa ja psykologiaa, pokeri toimii alustana ymmärtää strategista vuorovaikutusta sekä sopeutumiskykyä dynaamisessa ympäristössä. Peliteorian kehittäjä John von Neumann totesi, että tosielämäkin koostuu

bluffaamisesta, pienistä hämäystaktiikoista ja että tosielämä on kuin pokeria. Siksi sitä kannattaa tutkia.

Tutkielma koostuu kuudesta pääluvusta. Johdannon jälkeen tutkielma etenee seuraavasti: luvussa kaksi aloitamme syventymisen pokeriin taloudellisena ilmiönä. Seuraamme Texas Hold'emin matkaa suosituimmaksi pokeripeliksi. Paneudumme nettipokerin menestyksen syihin, sekä sen jatkuvuutta uhkaaviin haasteisiin. Siirtyessämme eteenpäin, luvussa kolme perehdytään optimipokeriin. Optimipokerin ymmärtämisen kannalta tärkeimmät peliteorian konseptit esitellään tässä vaiheessa, kuten Nash-tasapaino, nollasummapelin konsepti ja sekoitetut strategiat. Kappale käsittelee myös inhimillisiä päätöksenteon elementtejä, jotka tuottavat vaikeuksia pelata optimipokeria käytännössä.

Neloskappale avaa optimipokerin herkkyyttä esimerkkipelien avulla. Esimerkit näyttävät, kuinka herkästi pelaajien muutokset pois tasapainostrategiasta vaikuttavat optimistrategiaan. Nelosluku auttaa ymmärtämään syitä, miksi käytännössä kannattaa poiketa optimipokerista. Se luo pohjan luvulle viisi, jossa esittelemme empiirisiä tuloksia siitä, kuinka paljon korkeimpien sisäänostojen pokeriturnauksissa tehdään poikkeamia optimipokeriin nähden. Luvussa kuusi tehdään johtopäätöksiä saatujen tulosten pohjalta. Siinä reflektoidaan laajemmin optimaalisen pokeriteorian ja sen käytännön sovellusten merkitystä, tarjoten näkemyksiä tulevaisuuden suunnasta pokerissa ja peliteoriastrategioiden hyödyllisyydestä.

2 Pokeri taloudellisena ilmiönä

Pokerimaailma on käynyt läpi monia eri vaiheita vaatimattomista alkujuuristaan globaaliksi taloudelliseksi miljardibisnekseksi. Tässä kappaleessa perehdymme, kuinka pokeri nousi pisteeseen, jossa se kiehtoo miljoonia ihmisiä ympäri maailmaa niin netissä kuin livekasinoilla. Vertailemme nettipokerin ja livepokerin eroja, ja miten nettialustoista tuli hyvin suosittuja 2000-luvulla. Nettipokerin suosio on tuonut kuitenkin mukanaan ongelmia huijaamistapausten eri muodoissa sekä lainsäädännön saralla. Tutustumme eri haasteisiin, joita nettipokeri kohtaa yrittäessään kasvattaa suosiotaan. Kappaleen viimeistelee syvällisempi tarkastelu yhteen huolestuttavimpaan ongelmaan nettipokerissa: automatisoitujen bottien läsnäolo pokerimarkkinoilla. Pokerin kasvaessa ja kehittyessä digitaalisessa maailmassa, sen taloudellisten ongelmien ja mahdollisuuksien ymmärtäminen on tärkeää.

2.1 Texas Hold'em pokerimuodon matka suosituimmaksi pokeripeliksi

Korttipelejä on pelattu vuosisatoja ennen Texas Hold'em in syntyä. Pokeripeleistä sökö ja sen eri muodot olivat suurimmassa suosiossa 1900-luvun alussa. Teksasin osavaltion lainsäädäntöön nimettiin vuonna 2007 Hold'em pokerin syntypaikaksi kaupunki nimeltä Robstown, mutta pokeripelien muodostuminen oli hyvin orgaanista ja dynaamista, joten todellista alkuperää on vaikea määrittää. Yhteisiä standardeja ei ollut, joten Hold'em pysyi varsin pienenä paikallisena pelinä 1970-luvulle asti. Vuonna 1969 The Dune kasino Las Vegasissa järjesti ensimmäisenä Texas Hold'em turnauksen saavuttaen isoa näkyvyyttä ja suosiota. Nykyään maailman suosituin pokeriturnauskiertue World Series of Poker (WSOP) perustettiin vuonna 1970 ja sitä seuraavana vuonna Texas Hold'em oli pääturnauksen pelimuotona, josta pelin suosio vain vuosi vuodelta kasvoi (VisitBlackHawk).

Pokerin kenties tunnetuin ja arvostetuin pelaaja, Doyle Brunson julkaisi vuonna 1978 kirjan "Super System". Se muovasi pokerin imagoa vaativana strategisena pelinä pois uhkapelaamisesta. WSOP-turnausten televisiointi toi pokerin lähemmäksi

valtavirtamediaa 1980-luvulla. Televisioituihin pokerilähetyksiin lisätty kamera pelaajien pelikorteista sekä nettipokerin kasvu vauhdittivat 2000-luvun alussa pokerin suosiota. Ihmiset pystyivät televisiosta katsomaan, miten ammattilaiset pelaavat ja testata kotikoneellaan televisiossa opittuja peliliikkeitä.

Chris Moneymakerin WSOP-pääturnauksen miljoonavoitto amatöörinä aiheutti pelaajaryntäyksen niin netti- kuin livepokeriinkin. Pokeri nähtiin pelinä, jossa kuka vaan voisi menestyä. Lajin silloiset huiput Daniel Negreanu, Phil Ivey ja Suomen Patrik Antonius olivat pokerilehtien kansikuivissa. Näkyvyyttä alkoi tulla myös päävirtamediassa ja heitä alettiin pitää julkkiksina. Pokeriturnausten palkintopotit alkoivat kasvaa nostaen lajin taloudellista merkittävyyttä. Koko 1990-luvun WSOP-pääturnauksen voittajalle oli palkintona noin miljoona dollaria. Vuonna 2005 palkintona oli 7,5 miljoonaa ja vuonna 2006 huimat 12 miljoonaa dollaria. Vuoden 2006 WSOP-tapahtumassa jaettu palkintopotti 100 miljoonaa dollaria ylitti Wimbledonin (tennis), The Mastersin (golf) sekä Kentucky Derby (ravikilpailu) tapahtumissa jaetut yhteenlasketut palkintorahat. Vuonna 2023 WSOP sekä muut pokerikiertueet ovat rikkoneet omia ennätyksiään, joten ehkä uusi pokeribuumi on taas alkamassa.

2.2 Nettipokerin menestys ja haasteet

Nettipokeri ja livepokeri eroavat merkittävästi toisistaan. Internetissä pelaajat eivät näe toisiaan eivätkä voi täten tehdä vastustajan eleiden tai puheiden perusteella strategisia päätöksiä. Nettipokerista puuttuu sosiaalinen aspekti, mikä on monille pelaajille positiivinen asia. Tietokoneella voi myös pelata monessa pokeripöydässä samanaikaisesti, mikä kasinolla ei ole mahdollista. Ensimmäinen pokerihuone eli alusta, jossa pelattiin netissä pokeria, julkaistiin vuonna 1998. Vuosituhannen alussa teknologisen kehityksen myötä käyttäjäkokemus parani, ja pelaajille oli tarjolla monia eri pokeripelejä, käteispelejä sekä turnauksia. Nettipokerissa oli ja on mahdollista aloittaa pelaaminen paljon pienemmillä panoksilla kuin kasinoilla pelattavassa pokerissa. Suomen suurimmat pokeriammattilaiset, tuohon aikaan Patrik Antonius sekä Ilari

Sahamies, nousivat muutamien kymmenien eurojen nettipokeripeleistä aivan pokerimaailman huipulle. Pokeriammattilaisuus tuli mahdolliseksi omalta kotisohvalta, kun netissä liikkuvat rahasummat jatkoivat kasvamistaan 2010-luvulle tultaessa.

Nettipokerin alkutaipaleella ala oli suurimmaksi osaksi sääntelemätöntä. Useat nettipokerioperaattorit toimivat ulkomailta käsin välttääkseen juridisia ongelmia. Yhdysvaltojen hallitus sai läpi vuonna 2006 laittoman internet -uhkapelien täytäntöönpanolain (Unlawful Internet Gambling Enforcement Act, UIGEA) tehden pankkien ja finanssilaitosten rahasiirrot nettiuhkapelaamiseen laittomiksi (The Daily Guardian 2023). Nettipokerin pelaamista ei kuitenkaan nimetty rikolliseksi tai laittomaksi toiminnaksi. Monet pokerisivut vetäytyivät USA:n nettipokerimarkkinoilta, mutta monet johtavista pokerihuoneista Pokerstars ja Full Tilt Poker omasivat edelleen merkittävän pelaajakunnan Yhdysvalloissa. Nettipokeri koki rajun takaiskun mustaksi perjantaksi nimettynä huhtikuun 15 päivänä vuonna 2011, kun Yhdysvaltain oikeusministeriö nosti syytteet kolmelle isoimmalle nettipokerioperaattorille mukaan lukien Pokerstars ja Full Tilt Poker UIGEA sääntöjen rikkomisesta (The Daily Guardian). Satoja miljoonia dollareita pelaajien varoja jäädytettiin ja takavarikoitiin USA:n hallituksen toimesta, ja lukuisien pelaajien haaveet pokeriammattilaisuudesta kariutuivat (Pokernews 2021). Tapahtuman takia amerikkalaisten osallistuminen nettipokerimarkkinoille koki romahduksen ja kesti monta vuotta, että ala elpyi.

Nykypäivänä valtiollisella tasolla Yhdysvalloissa pokeri ei edelleenkään ole sallittua UIGEA säännön puitteissa, mutta mustan perjantain jälkeen viime vuosikymmenen aikana useat osavaltiot ovat rajojensa sisällä sallineet nettipokerin, viimeisimpinä Pennsylvania vuonna 2017 ja Michigan vuonna 2020. Sitä mukaan, kun useammat osavaltiot ja maat avaavat rajojaan nettipokerille, ala todennäköisesti kasvaa vielä isommaksi.

Mobiilipelaaminen on ollut yksi avaintekijöistä nettipokerimarkkinan nousussa viime vuosina. Nettipokerisivustojen mobiilisovellukset ovat tehneet nettipokeriin

osallistumisesta helpompaa kuin koskaan, mikä on houkuttanut lisää pelaajia (Zion Market Research 2023). Myös lohkoketjuteknologialla pyörivät, kryptovaluuttoja hyväksyvät nettipokerisivustot ovat pelaajien suosiossa. Pokerioperaattori Natural8:n mukaan lohkoketjuteknologia on pokerissa suosittua, sillä se tarjoaa pelaajille lisää turvallisuutta, anonyymiyttä sekä joustavuutta talletuksien sekä kotiutuksien kanssa (Natural8 2023).

Koronaviruksen aiheuttamien sulkujen seurauksena nettipokeri koki valtavan nousun pelaajamäärissä. Kasinot sulkivat ovensa ja vapaa-ajan määrä sisätiloissa kasvoi. Tällä hetkellä livepokeriksi kutsuttava, kasinoilla pelattava pokeri on myös kovassa noususuhdanteessa. Las Vegasissa järjestettävä maailman suosituin pokeritapahtuma World Series of Poker rikkoi vuonna 2023 monia ennätyksiä. Osallistujamäärä nousi edellisvuoden 198 tuhannesta 250 tuhanteen, rikkoen aiemman ennätyksen. Pääturnauksen osallistujamäärä 10 043 ylitti edellisen pääturnauksen ennätysosallistujamäärän 8 773. Myös turnaussarjassa jaettu rahamäärä nousi 346.3 miljoonasta dollarista 425 miljoonaan dollariin. Pääturnauksen palkintopotti saavutti vuonna 2023 kaikkien aikojen isoimman palkintopotin yksittäisessä turnauksessa.

2.3 Nettipokerin uhkakuvat

Nettipokeri on tarjonnut pelaajille selkeää mukavuutta ja saatavuutta verrattuna paikan päällä pelattavaan pokeriin, mutta sen suosion nousu ei ole tullut ilman haasteita. Tässä kappaleessa syvennytään kolmeen nettipokeria rasittavaan uhkaan; huijauskäytäntöihin, automatisoituihin pokerirobotteihin eli botteihin sekä reaaliaikaisten apuohjelmien käyttöön.

Bottien ja huijaustapausten läsnäolo on ollut haaste nettipokerin rehellisyydelle, vaatien jatkuvia ponnisteluja pokerioperaattoreilta tapausten tunnistamiseksi ja estämiseksi. Pelaajien onneksi pokerioperaattoreilla on iso rahallinen kannustin estää huijaamista, sillä se vaikuttaa negatiivisesti pelaajien luottamukseen sivustoa kohtaan. Huijaustapausten taloudellisesta vaikutuksesta on vaikea saada numeerista tietoa,

osasyynä nettipokerioperaattoreiden taipumus olla jakamatta kvantitatiivista dataa huijaustapauksista. On kuitenkin selvää, että jokainen huijaustapaus vähentää pelaajien luottamusta ja halua osallistua netissä pelattavaan pokeriin. Pokeripelin tarjoajan reaktio huijaustapauksiin vaikuttaa paljon pitkäaikaiseen luottamukseen sivustoa kohtaan Svenska Spelin rahoittaman kvalitatiivisen tutkimuksen mukaan (Wood, T.A Richard & Griffiths, Mark D. 2008).

Salainen yhteistyö (collusion) on huijaamisen muoto, jossa pelaajat tekevät yhteistyötä esimerkiksi istumalla samaan pokeripöytään, jakaen tietoa omista korteistaan ja välttämällä isoja yhteenottoja. Varsinkin 5-kortin Omaha pokerimuodossa tämä on iso ongelma. Aikaisemmin tänä vuonna tämän hetken suurin pokerioperaattori GGPoker maksoi korvauksia pelaajilleen jälkikäteen havaittuaan huijausringin, jossa käytettiin hyväksi tätä salaista yhteistyötä. Tämänkaltaisen korvaus sivustolta lisäsi ainakin kirjottajan omaa luottamusta pokeripelin tarjoajaa kohtaan. GGPoker myös muutti pelin kulkua niin, että pelaajat näkevät korttinsa vasta, kun edellä olevat pelaajat ovat tehneet jo päätöksensä, jotta mahdollisuus kertoa korttinsa huijarikumppaneilleen vaikeutuu.

Botit ovat pokerin pelaamiseen luotuja tietokoneohjelmia, jotka voivat hyödyntää systemaattisesti esimerkiksi pelaajatietokannoista kerättyä dataa ihmispelaajien taipumuksista. Botit pelaavat niille ennalta määritettyä strategiaa väsymättä, kokematta tunteita tai päätöksentekoon vaikuttavia vinoutumia ajattelussa, puhumattakaan keskittymisongelmista. Boteilla on selkeä yliote ihmisiin nähden. Nettipokerinpelaajille tehdyn haastattelututkimuksen mukaan pelko bottia vastaan pelaamisesta on yleistä, varsinkin häviöiden jälkeen (Wood & Griffiths 2008). Botit kehittyvät jatkuvasti ja pokerioperaattorit puolestaan yrittävät luoda jatkuvasti tehokkaampia systeemejä tunnistamaan botit estääkseen niiden osallistuminen peleihin. Bottien yleisyydestä ja voitollisuudesta on vain vähän tietoa saatavilla. Opinnäytetyössään asiaan perehtyneen Sami Lepistön mukaan botit ovat vieläkin alkukantaisella tasolla, eikä rahallista voittoa tekeviä botteja liene kovin paljoa (Sami Lepistö, 2020, s. 26). Toisaalta

ammattipokeripelaaja Saulo Costa pelkää, että viimeaikainen tekoälyohjelmien kehittyminen saattaa vauhdittaa bottien kehitystä uhkaavalle tasolle (Saulo Costa 2023).


Viimeisin tulokas nettipokerin uhkiin on reaaliaikaisen avun käyttö pelipöydissä. Ratkaisijoiden laaja-alainen saatavuus on lisännyt niiden hyväksikäyttöä pelipöydissä. Tämä on kaikilla pokerialustoilla kiellettyä, sillä se antaa pelaajalle kohtuuttoman edun. Pelaaja käyttää hyväksi ratkaisijoiden esittämää optimaalista pokeristrategiaa voittaakseen epäreilusti live-pelin aikana. Ratkaisijoiden kehitys on viime vuosina ollut erittäin nopeaa. Pokeryhteisössä kuohahti, kun suosituimpiin GTO-pokeriratkaisuja tarjoaviin yrityksiin kuuluva GTO Wizard ilmoitti vuonna 2023 uudesta tekoälypohjaisesta ratkaisustaan, GTO Wizard AI, jonka avulla pelaajat pystyvät sekunneissa ratkaisemaan minkä tahansa pokeritilanteen. Monet pitivät tätä nettipokerin lopun alkuna, mutta yhteisön painostamana GTO Wizard lisäsi alustalle viiveen ennen ratkaisun näkemistä, mikä estää tämän ohjelman hyväksikäyttöä huijaustarkoituksessa.




Nettipokerin ”kuolemaa” on pelätty vuosien saatossa aiemminkin, muun muassa ratkaisijoiden eli tekoälylaskentaohjelmien saapuessa markkinoille. PioSolver ohjelman oletettiin tekevän pokeripeleissä voittamisen mahdottomaksi ja aiheuttavan nettipokerin kuoleman. Pokeriammattilainen Saulo Costa Youtube -kanavallaan nostaa esiin, että pokeripelit tarvitsevat heikompia, hovin ja ajankäytön vuoksi pelaavia pelaajia pyöriäkseen. Vaikka ammattilaiset lopettaisivat nettipokerin pelaamisen solvereiden pelossa, nettipokerin taso korkeimmilla panoksilla laskisi ja seuraavaksi parhaat pelaajat tienaisivat enemmän ja enemmän rahaa. Tällöin nettipokeri muuttuisi houkuttelevammaksi mahdollisille uusille pelaajille. Hovin vuoksi pelaavien halu jatkaa netissä pokerinpelaamista on siis tärkein asia nettipokerin jatkuvuuden kannalta. Saulo Costa kertoo kuulleensa livepokerissa usein hupipelaajilta kommentteja, etteivät he pelaa nettipokeria, koska se on väärennettyä ja huijareita riittää. Kirjoittaja itse kuulee jatkuvasti kasinoilla pelatessaan vastaavia kommentteja satunnaisesti pokeria pelaavilta ihmisiltä. Ilmiö on huolestuttava ja pokeripalveluntarjoajien pitäisi pystyä luomaan

internetissä ympäristö, jossa pelaajat voivat luottaa pelin rehellisyyteen. Pokerintarjoajilla on siis iso kannustin estää huijaamista sekä bottien vallankumousta, ja Saulo Costa uskookin yritysten pystyvän estämään laaja-alaisen huijaamisen, jotta pokeriekosysteemi pysyy voimissaan. (Saulo Costa, 2023).

2.4 Pokeribottien tuottoisuus

Bottifarmi viittaa automatisoitujen tietokoneohjelmien kokoelmaan, mikä on luotu pelaamaan pokeria ihmisen sijasta nettipokerialustoilla. Ohjelmien luoja on todennäköisesti hyväksikäyttänyt laajaa data-analyysia populaation pelitavoista, ja luonut automatisoidun pokeriohjelman, joka hyväksikäyttää maksimaalisesti sen pelaajapopulaation virheitä, jossa botti tulee operoimaan. Tammikuun 3. päivänä seuratuimpaan pokerikeskustelupalstaan Two Plus Two forumeille käyttäjä nimeltä TylerRM avasi keskustelun hänen löytämiensä bottipelaajien tuottavuudesta WPN nimisessä pokeriverkossa. TylerRM teki listan pelaajista, joita oli syytä epäillä boteiksi. Kuva 1 osoittaa vuoden 2023 aikana näiden pelaajien suoritukset kyseisessä pokeriverkossa. Automatisoidut pokeriohjelmat tekivät siis väitetysti lähes 4 miljoonaa dollaria voittoa.

<input type="checkbox"/>	Filter	Player	Count	Entries	Profit History	Av Stake	Profit	Total ROI	Av ROI	Av Profit
<input type="checkbox"/>	01/01/2023-12/27/2038	Ibotfarm_WPN Player Group	425,627	609,341		\$43.27	\$3,714,449	12.9%	19.9%	\$6.1

  Add Other Statistics  Visualize Player Groups ▼

Kuva 1. Bottifarmien tuottavuus WPN pokeriverkossa

Nimimerkki jatkaa esittämällä arvioita, joiden mukaan pokeribotit saattaisivat muodostaa jopa 5–15 % aktiivisesta pelaajajoukosta. Kirjoittaja tarjoaa todisteena erittäin laajan joukon pelattuja pokerikäsiä boteiksi arvioiduilta käyttäjiltä. Nimetyn pelaajajoukon kädet on laitettu Pokertracker 4 ohjelmistoon, jolla saadaan erilaisia tilastoja pelityyleistä. Esimerkiksi kaikki käyttäjät saattoivat korottaa tarkalleen samalla frekvenssillä tietyssä pokeritilanteessa kymmenien tuhansien käsien aikana. (TylerRM 2024)

Kyseisessä pokeriverkossa operoiva Americas Card Room (ACR) huolestui syytöksistä ja koki tarpeelliseksi vakuuttaa pelaajakuntansa heidän pokeripeliensä rehellisyydestä (integrity). ACR julkaisi Twitterissä haasteen, jossa luvattiin 100 000 dollaria henkilölle, joka onnistuisi luomaan toimivan pokeribotin heidän sivustolleen. Tarkoituksena oli ilmeisesti luoda uskoa pelaajiin, että he pystyvät pysäyttämään botit, mutta kyseinen julkaisu otettiin pokeriyhteisössä erittäin huonosti vastaan ja ACR joutui lopettamaan haasteen seuraavana päivänä (Pokernews 2024).

Pokerimaailmaa seuraava Pokernews haastatteli bottitapauksen tultua ilmi Pokerstarsin pelin rehellisyyden johtajaa (eng. integrity). Titteliä pitävä Francis Lincoln avaa kuinka luottamus on tällä alalla kaikki kaikessa. Pelin rehellisyyden lisäksi pitää varmistaa, että alustan satunnaislukugeneraattori, minkä avulla pokerikortit määräytyvät, toimii reilusti ja minkä lisäksi asiakkaiden rahojen turvallisuus on taattu. Ilman satunnaislukugeneraattorin oikeudenmukaisuutta ja rahojen turvallisuutta liiketoiminta on huteralla maalla. Lincoln väittää bottifarmien olevan erittäin harvinaisia tapauksia. Botit ilmestyvät samaan aikaan ja niiden pelitavat ovat keskenään hyvin samanlaisia tilastojen valossa. Lincoln avaa alalle tulon esteitä uusille yrityksille, sillä pelin rehellisyyteen käytettävät kustannukset ovat miljoonia vuodessa, ja toiminnan käynnistäminen ja ylläpito on hankalaa. (Pokernews 2024)

3 Optimaalinen pokeristrategia ja sen toteuttamisen haasteet

Pokerin maailmassa optimaalisen strategian tavoittelu on ollut pitkään haaveena niin pelaajille kuin tutkijoille. Tämän luvun päämääränä on tutkia optimaalisen pokerin moniulotteista luonnetta korostaen sen teoreettisia perusteita, käytännön haasteita ja strategian tehokkaan suorittamisen monimutkaisuutta. Tarkoituksena on analyysin ja teorian avulla tarjota näkemystä optimaalisen pokeristrategian nyansseista ja haasteista, joita pelaajat kokevat yrittäessään toteuttaa strategiaa käytännössä. Tässä kappaleessa aluksi käsitellään peliteorian fundamentteja, jotka ovat välttämättömiä ymmärtääkseen pokeristrategian alkuperää. Tutkielman pääsisältönä ei kuitenkaan ole peliteoria, joten taustaa käydään läpi vain sen verran, kuin se pokerin kannalta on tarpeellista. Tämän jälkeen siirrytään lähemmäksi pokerille ominaisia ja yksilöllisiä konsepteja, kuten bluffaamisen taustalla olevaa matematiikkaa sekä odotusarvoa pokerissa.

3.1 Peliteorian peruseriaatteita

Peliteoriassa on kyse päätöksenteon tutkimisesta sellaisten pelaajien välillä, joiden oletetaan pelaavan rationaalisesti eli maksimoivan hyödyn. Nollasummapelit ovat pelejä, joissa pelaajat kilpailevat toisiaan vastaan, sillä toisen hyödystä seuraa toisen häviö. Pelaajien voitot ja häviöt yhteenlaskettuna ovat nolla, mistä nimi termille tulee. Pokerissa on kaksi asiaa, joita lukuun ottamatta pokeri on nollasummapeli. Pokerissa pelin järjestäjä ottaa skaalatun komission pelatuista poteista saadakseen palkkion pelinjärjestämisestä. Independent Chip Model (ICM) on malli, joka liittyy turnauspokeriin. Turnauspokerissa pelaajat saavat sisäänostoa vasten sovitun määrän pelimerkkejä, joilla ei ole käteisarvoa. Turnauksesta putoaa pois pelimerkkien loputtua kesken. Sisäänostoista kerätystä palkintopotista jaetaan rahaa parhaiten sijoittuneiden kesken. Tyypillisessä turnauksessa noin 10–30 % pelaajista selviytyy rahasijoille asti. ICM auttaa pelaajia hahmottamaan omien pelimerkkiensä rahallisen arvon turnauksessa, sillä se vaikuttaa päätöksentekoon merkittävästi. Turnauspokerissa tulee tilanteita, jotka poikkeavat nollasummapelistä, sillä vaikka kaksi pelaajaa pelaavat vastakkain, heidän

tekemät virheet saattavat antaa hyötyä muille turnauksessa jäljellä oleville pelaajille. ICM on laaja konsepti, jossa olisi ainesta kokonaan omalle Pro Gradu -tutkielmalle. ICM mallista ja sen vaikutuksista pokeristrategiaan kiinnostuneille tämän tutkielman lähdeluettelosta löytyy ICMIZER yrityksen artikkeli aiheesta (ICMIZER 2022).

John von Neumann pyrki todistamaan yleistä ratkaisua kahden pelaajan nollasummapeleihin, jossa on rajallinen määrä strategioita (Kjeldsen 2001). Koko matemaattinen ratkaisu on nähtävissä Kjeldsenin artikkelissa. Strategian pääantina on se, että jokaisen pelaajan paras ratkaisu olisi minimoida korkein mahdollinen tappio. Pelin pelaajat valitsevat taktiikan, joka antaa heille parhaan menestyksen, samalla ottaen huomioon pahimman mahdollisen skenaarion, jossa vastustaja pelaa täydellisesti.

3.1.1 Nash-tasapaino

Nash-tasapaino on tärkeä pokeristrategiassa. Myöhemmin tutkielmassa tutustutaan ratkaisijoiden toimintaan, jotka laskevat Nash tasapainostrategian pokeritilanteissa. Nash-tasapaino on yleisin käytetty ratkaisu peliteoriassa. Se esittää vakaan tilan pelissä, jossa kaikilla pelaajilla on oikeat odotukset vastustajien käyttäytymisestä ja he käyttäytyvät itse rationaalisesti. Ollakseen Nash-tasapaino, täytyy tilan olla sellainen, ettei kumpikaan pelaaja voi tuottoisasti poiketa strategiastaan, ottaen huomioon vastapuolen liikkeit. (Osborne, Martin J. & Ariel Rubinstein 1994)

Havainnollistetaan Nash-tasapainoa esimerkillä yksinkertaisesta nollasummapelistä kivi, sakset ja paperi. Molemmilla pelaajilla on 3 vaihtoehtoa, kivi, sakset tai paperi. Kivi voittaa sakset, sakset paperin, ja paperi kiven. Katsotaan mitä tapahtuu strategialle, jos toinen pelaajista vaihtaa strategiaansa toisen pidättäytyessä samassa strategiassa. Tasapainossa pelaajan kuuluisi pelata jokaista kolmea vaihtoehtoa samalla todennäköisyydellä $1/3$, jolloin odotusarvoksi pelaajalle tulee $1/3$, kun molemmat pelaavat tällä tavalla. Pelaaja 1 ei saa parempaa odotusarvoa vaihtamalla strategiaansa,

jos pelaaja 2 pysyttäytyy pelaamaan yhtä todennäköisillä frekvensseillä kiveä, saksia ja paperia. Jos Pelaaja 1 päättääkin pelata kiven 100 % ajasta, hän edelleen voittaa vain 1/3 kerroista pelin.

Aceveido (2019) selventää Nash-tasapainon ominaisuuksia pokerissa:

- Pelaajat ovat selvännäköisiä siinä mielessä, että he tietävät toisen pelaajan strategian.
- Pelaajat pyrkivät maksimaalisesti hyödyntämään toisen heikkouksia, sillä molempien pelaajien tarkoitus on maksimoida odotettu tuotto.
- Kumpikaan pelaaja ei voi yksipuolisesti vaihtaa strategiaa voitollisesti.
- Yksittäiset pokerikädet pelataan korkeimmalla mahdollisella odotusarvolla, joten peliteoriaoptimissa pelissä pokerikättä ei ikinä pelata pienemmän odotusarvon tavalla tasapainon saavuttamiseksi.
- Dominoituneet strategiat eivät voi olla osa Nash-tasapainoa, sillä se olisi epärationaalista pelaajalle käyttää niitä.

Ainoa tapa pokerikädelle tulla pelatuksi useammalla kuin yhdellä tavalla on, jos useampi strateginen vaihtoehto tuottaa saman odotusarvon.

3.1.2 Sekoitettu strategia, yhdentekevyyys ja satunnaistaminen

Peliteorian pioneeri John Von Neumann näytti, että nollasummapeleissä löytyy aina tasapainoratkaisu, missä molemmat pelaajat käyttävät sekoitettua strategiaa maksimoidakseen heille odotetun tuoton (Kjeldsen 2001). Kjeldsen (2001) toteaa kyseisen ratkaisun saaneen kritiikkiä, sillä se on puolustava strategia, joka kertoo parhaan strategian huonommassa mahdollisessa skenaariossa. Strategia ei saavuta korkeinta mahdollista voittoa vastustajista, jotka pelaavat optimaalista strategiaa heikommin.

Pelaajat valitsevat aina vaihtoehdon, joka takaa heille korkeimman mahdollisen tuoton. Sekastrategiaratkaisuun päädytään vain tilanteessa, jossa jokaisella toiminnalla on sama odotusarvo. Ollakseen yhdentekevä valintojen välillä, vastustajan strategian täytyy olla

sellainen, joka pakottaa pelaajan valintojen olemaan yhdentekeviä. Kivi, sakset ja paperi esimerkissä optimistrategia on sekoitettu strategia, jossa pelaaja satunnaistamalla kiven, saksen ja paperin jokaisen 33,3333 % todennäköisyydellä. Tämän satunnaistamisen tarkoitus on saada vastustajan puhtaat strategiat yhdentekeviksi. Puhdas strategia on esimerkiksi pelata kiveä 100 % ajasta. Puhtaat strategiat muuttuvat yhdentekeviksi, jos toinen pelaajista satunnaistaa ja pelaa 1/3 ajasta jokaista vaihtoehtoa.

Yhdentekevyyden käsite on saanut kyseenalaistusta sen käytännöllisyydestä. P.-A. Chiappori, S. Levitt ja T. Groseclose (2002) kertaavat teorian ongelmia artikkelissaan. Ollakseen valmis pelaamaan sekoitettua strategiaa, pelaajan täytyy olla yhdentekevä jokaisen puhtaan strategian välillä. Esimerkiksi pokerissa pelaaja olisi yhdentekevä tietyillä korteilla korottamisen, maksamisen ja luovuttamisen välillä. Olettaen yhdentekevyyden näiden välillä, pelaajalle ei ole erikseen hyötyä valita tiettyä strategiaa, joka taivuttaisi vastustajan yhdentekevyyteen, mitä tasapaino vaatisi (P.-A. Chiappori ja muut 2002). Tutkijat kyseenalaistavatkin, miksi pelaaja valitsisi tietyn satunnaistetun kombinaation kaikista mahdollisista yhdentekevistä kombinaatiosta, kun pelaajien välillä ei ole kommunikaatiota. Yhdentekevyyperiaatteen ongelma on olennainen pokerissa. Optimipokerin strategiat vaativat useissa tilanteissa sekoitettujen strategioiden käyttöä, ja eri satunnaistamista eri yhdentekevien valintojen välillä. Tutkijoiden antaman kritiikki teorialle korostaa sekoitettujen strategioiden käytännöllisyyden ongelmaa etenkin tilanteissa kuten pokeri, missä pelaajien välillä on vähän tai ei ollenkaan kommunikaatiota keskenään. Pelaajille voi tulla vaikeuksia määrittää optimaalinen satunnaistaminen, kun tarkkaa tietoa vastustajan strategiasta ei ole. Tämä ongelma rajoittaa sekoitettujen strategioiden käytettävyyttä oikeassa elämässä.

Chiapporin ja muiden mukaan kysymys, toteutuuko sekastrategian tasapaino oikeassa elämässä, on empiirinen. Chiappori ja muut (2002) tutkivat toteutuuko jalkapallo-otteluiden rangaistuspotkuissa odotusten mukainen sekastrategian tasapaino. Kaksikko toteaa artikkelissaan, ettei empiiristen tulosten perusteella voi hylätä teoriaa, että pelaajat valitsevat vastustajan käytöksen mukaan optimistrategiansa. Esimerkiksi

maalivahti, joka kahdeksan kertaa peräkkäin torjui vasemmalle, kohtasi vain kaksi vetoa vasemmalle. Suurimmaksi osaksi potkaisijat ja maalivahdit vaihtoivat puoliaan usein. Vähintään neljä rangaistuspotkua ampuneista pelaajista ei ollut ainuttakaan, joka olisi ampunut jokaista potkua samalle puolelle. Vain kolme pelaajaa 26:sta ampui jokaisen kolmesta rangaistuspotkustaan samalle puolelle.

Walker ja John Wooders (2001) tutkivat myös sekastrategian tasapainon toteutumista oikean elämän datalla. He tutkivat toteutuuko Wimbledon tason tennisotteluiden aloitussyötöissä minimax-teorian odotetun mukaista strategiaa. Laboratorioolosuhteissa tehdyt tutkimukset sekastrategiatasapainon olemassaolosta ovat epäonnistuneet, mikä sai heidät tutkimaan asiaa oikealla datalla. Tasapainopeli vaatii jokaisen pelaajan valintojen olevan toisistaan riippumattomia arvontoja satunnaisprosessista. Tennispelaajien syötöt vaihtelevat liian usein puolelta toiselle ollakseen aidosti satunnaisia valintoja. Tutkimuksen tulokset ovat yhteensopivia psykologisten tutkimusten kanssa, joiden mukaan ihmiset eivät ole hyviä käyttäytymään satunnaisesti, vaan vaihtavat liian usein. (Walker, M. & Wooders, J. 2001). Walker ja Wooders (2001) arvioivat lopputuloksissaan, että pelaajien kokemus ja huippuosaaminen vaikuttavat siihen, kuinka lähellä teoreettista tasapainoa pelaajat pelaavat.

Nämä konseptit ovat tärkeä osa pokeristrategiaa ja myöhemmin tutkielmassa käsitellään, kuinka bluffaamisen tarkoitus on saada vastustajan päätöksiä tietyillä pokerikäsilä yhdentekeviksi.

3.2 GTO-ratkaisijat ja tekoäly pokerissa

Tässä luvussa esitetään aluksi, miten tekoälyn avulla pokeria ja muita strategiapelejä on yritetty ratkaista, ja sen jälkeen siirrytään tarkastelemaan ratkaisijoiden toimintaa. Tekoälyllä on pyritty ratkaisemaan strategiapelejä jo pitkään. IBM:n ohjelma Deep Blue voitti shakin maailmanmestarin Garry Kasparovin vuonna 1997. Professori Schaeffer

ratkaisi vuonna 2007 strategiapeli tammen, jossa täydellinen peli molemmilta osapuolilta johtaa tasapeliin (Schaeffer J. 2007). Googlen tuottama tekoälyohjelma AlphaGo voitti vuonna 2017 GO-strategiapelissä maailman parhaaksi rankatun korealaisen Ke Jien (The Verge 2017).

Pokeriammattilainen ja kirjailija Michael Aceveido huomauttaa, että parhaiden ihmispelaajien voittaminen ei ole synonyymi pelin ratkaisemiselle. Tekoäly voi olla tarpeeksi hyvä voittamaan ihmiset, mutta uusi tekoälyohjelma voisi kehittyä vielä paremmaksi ja voittaa edellisen tekoälyohjelman. Aceveidon mukaan peliteoriaoptimin ratkaisun laskeminen edellyttää, että se ei voi hävitä muille vastustajille. (Aceveido 2019) Pokeri on ollut haastava peli ratkaistavaksi tekoälylle siihen sisältyvän bluffaamisen ja epätäydellisen informaation takia. Edellä mainitut jo ratkaistut pelit ovat olleet täydellisen informaation pelejä, jossa molemmat pelaajat näkevät ja tietävät sen hetkisen pelitilan täydellisesti. Täydellisen informaation pelit ovat harvinaisia tosielämässä, mutta epätäydellisen informaation peleinä voidaan mallintaa monia tosielämän tilanteita kuten neuvotteluita, bisnesstrategiaa ja huutokauppoja (Brown N. & Sandholm Tuomas 2017).

Texas Hold'em onkin ollut Sandholmin ja Brownin mukaan ensisijainen merkkipaalu tekoälylle epätäydellisen informaation peleissä. Sandholm ja Brown onnistuivat vuonna 2017 luomallaan Libratus ohjelmalla voittamaan neljä maailman parhaimmista pokerinpelaajista heads-up (eli yksi yhtä vastaan) pelimuodossa. Tämä oli ensimmäinen kerta, kun tekoäly voitti ihmiset tässä pokerin muodossa, jossa mahdollisia panostuskokoja ei ole rajoitettu. Libratus voitti ihmiset huomattavalla tilastollisella merkittävyydellä 99.98 % (Brown & Sandholm 2017). Pokeria pelataan yleisemmin kuitenkin kuuden pelaajan pöydissä, mikä on vielä haastavampi ongelma tekoälylle. Vuonna 2019 Sandholm ja Brown onnistuivatkin tässä vielä merkittävämmässä haasteessa, kun heidän uusi pokeriohjelmansa Pluribus onnistui voittamaan viisi muuta pokeriammattilaista 10 000 pokerijaon otoksella kuuden pelaajan pokeripöydässä (Brown & Sandholm 2019). Pluribus rakennettiin antamalla sen oppia ja kehittyä

pelaamalla viittä omaa kopiotaan vastaan sekä käyttämällä Libratuksen tavoin kontrafaktuaalista katumuksen minimisaatiota (Counterfactual regret minimization CRM) (Brown & Sandholm 2019). CRM menetelmä ja pokeribottien mallintaminen on kuitenkin tämän tutkielman rajojen ulkopuolella, siihen voi tutustua tarkemmin Sandholmin ja Brownin artikkeleista.

Kokonaista peliteoriaratkaisua ei ole vielä keksitty Texas Hold'emiin, mutta peli voidaan yksinkertaistaa pienempiin, ratkaistaviin osiin. Nykyaikaisilla ratkaisijoilla voidaan rajoitetuilla panostusko'oilla saada hyviä likiarvoja peliteoriaoptimistastrategiasta (Aceveido 2019). Ratkaisijat ovat ohjelmia, jotka laskevat Nash-tasapainoa käyttäjän sille antamalla parametreilla. Käyttäjä antaa ohjelmalle pelaajien mahdolliset käsikombinaatiot ja sallitut panostus- sekä korotuskoot, ja ohjelma laskee ratkaisun. Aceveido (2019) huomauttaa, etteivät ratkaisijat pysty laskemaan täydellistä Nash-tasapainoa vaan epsilon Nash-tasapainon, joka on lähellä todellista Nash-tasapainoa. Ratkaisijat yleensä ilmoittavat ratkaisunsa Nash-etäisyytenä. Nash-etäisyys kertoo, kuinka lähellä ratkaisu on todellista Nash-tasapainoa. Se ilmoitetaan yleensä prosenttimääränä pokerijaon potin kokoon nähden (Aceveido 2019). Pientä Nash-etäisyyden ratkaisua on hyvin vaikea eksplloitata eli hyödyntää ihmispelaajan toimesta. Esimerkiksi oletetaan tilanne, jossa pelaajalla on tiedossa yhden prosentin Nash-etäisyyden ratkaisu 100 euron pokeripotissa. Kyseessä ei siis ole aito Nash-tasapaino ratkaisu, vaan todellinen Nash-tasapainostrategia voisi tämän yhden prosentin verran riistää odotusarvoa puutteelliselta strategialta. Saavuttaakseen tämän euron arvoisen mahdollisen odotusarvoparannuksen, pelaajan tulisi laskea uudelleen optimistrategia. Tätä uutta optimistrategiaa tulisi pelata täydellisesti jokaisessa mahdollisessa pelipuun solmussa realisoidakseen tämän etulyöntiaseman (Aceveido 2019). Käytännössä voidaan siis pitää pienen Nash-etäisyysarvon ratkaisuja riittävinä, kun haluamme oppia optimaalista pokeristrategiaa.

Ratkaisijoita voidaan pitää odotusarvoa maksimoivina algoritmeina. Kokonainen pokerin pelipuu on liian monimutkainen ratkaistavaksi, joten käyttäjä antaa ratkaisijalle pelipuuunmuodon, johon kuuluu:

- panostusmahdollisuudet
- potin koko
- kaikki mahdolliset käsikombinaatiot
- yhteiset pöytäkortit.

Ratkaisija käyttää edellisessä kappaleessa mainittua kontrafaktuaalista katumuksen minimointia päästäkseen käyttäjän asettamaan Nash-etäisyyteen asti.

Ratkaisijan prosessi Nash-tasapainoon asti etenee seuraavasti: ohjelmalle annetaan jokin alustava strategia, jossa on määriteltynä se todennäköisyys, millä kukin pelaaja jokaisessa päätöstilanteessa toimii. Ratkaisija hienosäätää strategioita simuloimalla peliä useita kertoja. Jokaisessa iteraatioissa ratkaisija laskee eri toimien odotusarvon kussakin päätöspisteessä ottaen huomioon vastustajan mahdolliset vastaukset.

Ratkaisija pyrkii optimoimaan lasketut odotusarvot koko strategialle. Se lähestyy kohti Nash-tasapainoa toistamalla tätä prosessia, kunnes strategiat vakautuvat, eivätkä lisäsäädöt johda parannuksiin odotusarvossa. Tilanteessa, jossa pelaajien strategiat eivät muutu merkittävästi tulevissa iteraatioissa, Nash-tasapaino on saavutettu. Kumpikaan pelaaja ei voi poiketa yksipuolisesti strategiastaan ilman, että muutos johtaisi strategian odotusarvon laskuun. Ratkaisija tulostaa tasapainostrategiat kummallekin pelaajalle. Nämä edustavat optimaalista pokeristrategiaa annettujen oletusten ja syötteiden pohjalta.

3.3 MDF ja Alfa, bluffaaminen pokerissa

Seuraavaksi käsittelemme bluffaamiseen liittyviä termejä MDF ja Alfa. Lukijaa suositellaan lukemaan liitteestä 1 pokeripelin kulku ennen tätä kappaletta. Nämä konseptit ovat tärkeitä pokeristrategiassa ja Nash-tasapainossa, sillä bluffaamisen

tarkoitus on saada vastustajan päätöksiä yhdentekeviksi. MDF (Minimum Defence Frequency) eli vähimmäispuolustustaajuus on mittari sille, kuinka usein pelaajan täytyy maksaa tietynkokoinen panostus tehdäkseen vastustajan kädet yhdentekeviksi bluffaamisen ja sököttämisen (olla panostamatta) välillä (GTO Wizard). Vähimmäispuolustustaajuus varmistaa, ettei vastustaja voi voitollisesti bluffata millä tahansa korteilla. MDF on laskukaava, jonka tarkoitus on saada vastustajan bluffauskombinaatiot yhdentekeviksi eli niiden odotusarvoksi nolla (GTO Wizard). Alfa kertoo, kuinka usein vastustajasi täytyy luovuttaa, jotta sinun bluffauksesi odotusarvo on nolla. Seuraavaksi esitellään asia laskukaavan ja esimerkin avulla.

$$\text{Alfa, } a = \text{riski} / (\text{riski} + \text{hyöty}) \quad (1)$$

$$\text{Alfa} = 1 - \text{MDF}$$

$$\text{MDF} = \text{potin koko} / (\text{panostus} + \text{potti})$$

$$\text{MDF} = 1 - \text{Alfa}$$

missä riski on panostuksen koko ja hyöty on määrä, jonka pelaaja tienaa vastustajan luovuttaessa.

(1) Pelaaja 1 panostaa 150 \$ pottiin 90 \$.

$$\text{Alfa} = 90 \$ / (90 \$ + 150 \$)$$

$$\text{Alfa} = 37,5 \%$$

Pelaajan 2 täytyy luovuttaa vähintään 37,5 % ajasta, jotta pelaajan 1 bluffaus pääsee omilleen eli on odotusarvoltaan nolla. Pelaajan 2 MDF tilanteessa on 1–Alfa eli 62,5 %. Pelaajan 2 täytyy puolustaa vähintään 62,5 % hänen käsivalikoimistaan tehdäkseen pelaajan 1 bluffit yhdentekeviksi. Puolustuksella tässä tapauksessa tarkoitetaan panostuksen maksamista tai sen korotusta.

MDF mittari pätee parhaiten river-tilanteessa, jossa ei enää uusia yhteisiä kortteja ole tulossa pöytään, koska silloin vastustajan bluffauksilla ei ole mahdollisuuksia parantua. Nash-tasapainostrategia on hyvin herkkä muutoksiin vastustajan tehdessä virheitä minimipuolustustaajuudesta. Pelaajan puolustaessa vaadittavaa minimitaajuutta vähemmän, vastustaja voi bluffata huomattavasti enemmän, sekä pelaajan puolustaessa

liian paljon, vastustajan ei enää tarvitse bluffata yhtä paljon. Nash-tasapainon herkkyyteen palataan myöhemmin luvussa 5 tässä tutkielmassa.

3.4 Optimaalisen pokeristrategian toteuttamisen inhimilliset haasteet

Nash-tasapainossa on taustalla oletus pelaajien rationaalisuudesta sekä toisaalta oletus, että pelaajat yrittävät maksimaalisesti hyväksikäyttää heikkouksia vastustajan strategiassa. Tässä luvussa tutkitaan ihmisten rationaalisuutta, tunteiden ja päätöksenteon vinoutumien vaikutusta pokeristrategiaan. Riskin vaikutus päätöksentekoon on huomattava, ja pokerissa riskiä esiintyy monessa muodossa. Ilmiselvän tappion riskin lisäksi on myös riski lopputuloksen epävarmuudesta. Valintaa tehtäessä vastustajan strategiasta ei ole varmuutta, joten optimaalista ratkaisua on vaikea tehdä, kun se ei johda yhteen tiettyyn lopputulokseen vaan mahdollisia lopputuloksia on monia ja ne riippuvat herkästi vastapuolen reaktiosta. Luvun lopussa käydään läpi Nash-tasapainon saamaa kritiikkiä sekä malliin tehtyjä parannuksia, jotka yrittävät mallintaa tosielämää paremmin. Walkers ja Wooders (2001) huomauttavat kommentoidessaan Nash-tasapainon toteutumista tutkivia laboratoriotutkimuksia, että kokemattomilla agenteilla on vaikeuksia ymmärtää pelin strategisia nyansseja. Pelin ymmärtäminen on helppoa, mutta hyvin pelaaminen vaikeaa (Walkers ja Wooders 2001). Kokemattomat pelaajat poikkeavat siis Nash-tasapainostrategiasta sen takia, etteivät he yksinkertaisesti vain osaa toteuttaa sitä.

Riskinoton halukkuuteen vaikuttavia tekijöitä on tutkittu paljon, eikä kaikkien läpikäyminen ole mahdollista tässä tutkielmassa. Tunteiden, mielialan, psykologisten ja persoonallisten tekijöiden vaikutus päätöksentekoon on kirjava. Nash-tasapainostrategian ongelmaksi on sanottu sen defensiivisyyttä. Se pyrkii minimoimaan tappiot pahinta mahdollista vastustajaa vastaan, minkä takia se ei pysty kaappaamaan itselleen kaikkea mahdollista arvoa, mitä vastapuolen virheistä voisi saada. Riskinottoon ja päätöksentekoon vaikuttavat tekijät ovat peliteoriamielessä heikkouksia ja virheitä, mitä optimistrategia yrittää hyödyntää maksimaalisesti. Kukin vinoutuma vaikuttaa

yksilöihin eri suuruudella. Vastustajia kannattaakin ajatella yksilöllisesti aina, kun se on mahdollista. Seuraavaksi esitellään muutamia tärkeitä ilmiöitä, jotka saattavat saada pelaajat tekemään virheitä Nash-tasapainostrategiaan nähden.

3.4.1 Rajoitettu rationaalisuus

Rajoitettu rationaalisuus on käyttäytymistaloustieteen idea, jonka mukaan ihmiset kognitiivisten rajoitteidensa takia eivät ole täysin rationaalisia päätöksiä tehdessään. Ihmisen on vaikea hahmottaa kaikkea päätöksentekoon vaikuttavaa tietoa joutuen luottamaan rajalliseen määrään helposti mieleen tulevaa informaatiota. Rajoitettu rationaalisuus voi johtaa epäoptimaalisiin päätöksiin, kun yksilöt eivät ota huomioon kaikkia relevantteja tekijöitä, vaan heidän valintojaan ohjaavat heuristiikat, harhat ja puutteellinen tieto.

Esimerkiksi henkilö saattaa valita itselleen liian kalliin sähkösopimuksen, koska hän ei täysin ymmärrä sopimuksen ehtoja tai ei jaksakaan nähdä vaivaa vertaillakseen kaikkia mahdollisia vaihtoehtoja.

Herbert Simonin (1956) mukaan rajallinen rationaalisuus voi johtaa tyydyttävään käytökseen, jossa yksilöt valitsevat "riittävän hyvän" vaihtoehdon sen sijaan, että etsisivät optimaalista ratkaisua. Tämä voi johtua ajan, resurssien tai kognitiivisen kapasiteetin puutteesta, mitkä estävät kaikkien saatavilla olevien vaihtoehtojen täydellisen arvioinnin. Simonin (1956) näkemykset rajoitetusta rationaalisuudesta valaisevat kuinka ihmiset kognitiivisten rajoitusten, sekä informaation ylikuormittamina ovat taipuvaisia käyttämään tyydyttäviä strategioita optimaalisten ratkaisujen sijaan.

Pokerissa päätöksentekoon on käytettävissä rajallinen aika, joten relevanttien tietojen prosessointi ei aina onnistu sallitussa ajassa. Nettipokerissa yksilöllä saattaa olla paljon tietoa vastustajan pelitapumuksista, mutta hän ei ole kykeneväinen analysoimaan sitä

tehdäkseen optimaalisen päätöksen. Pokerinpelaajan tärkeimpiin taitoihin kuuluukin kyky hahmottaa lyhyessä ajassa relevantit päätöksentekoon vaikuttavat tekijät sekä tiedostamaan omat tunteet ja päätöksenteon vinoutumat, mitkä saattavat haitata optimaaliseen ratkaisuun pääsemistä.

Pokeri on erittäin monimutkainen peli. Perinteisessä Texas Hold'emin muodossa, jossa kaksi pelaajaa pelaa vastakkain on 10^{161} päätöksentekovaihetta (Nandini C, Kumar Sachin & Laasya R 2009), joten ihmiselle on erittäin vaikeaa pelata peliteoreettisesti täysin tasapainoista strategiaa. Vertailun vuoksi kivi, sakset ja paperi pelissä mahdollisia pelipuun solmuja on vain yhdeksän kappaletta.

3.4.2 Talon raha ja omille pääseminen -efekti

Ihmiset harvoin tekevät päätöksiä tyhjiössä ajatellen kaikkia tapahtumia erillään toisista. Thaler ja Johnson (1990) lähtivät tutkimaan ihmisten riskinoton muuttumista edeltävien tappioiden tai voittojen valossa. "Talon raha" -efektiksi nimetty ilmiö havaitaan tilanteissa, jolloin aikaisempi voitto lisää henkilön valmiutta hyväksyä riskialttiimpia vaihtoehtoja. Kyse on mentaalisestä tilinpidosta. Voitettujen rahojen häviäminen ei tunnu yhtä negatiiviselta, kuin rahojen häviäminen tilanteessa, missä ei ole voittanut vielä mitään. Sitä vastoin tappioita koettuaan yksilöiden halukkuus ottaa riskejä laskee. Takaisin omille pääsyn tarjoavat uhkapelimahdollisuudet ovat kuitenkin erittäin houkuttelevia tappioita kokeneille yksilöille (Thaler ja Johnson 1990).

Pokeripöydässä omille pääsy -efektiä näkee usein. Turnauspokerissa pelaajille annetaan sovittu määrä merkkejä, jota kutsutaan aloituspinoksi. Pelaajan hävittyä puolet aloituspinostaan, monet pokerinpelaajat haluavat päästä takaisin omilleen ja saattavat sen takia pelata suuremmalla riskillä kuin normaalisti. Tämä on kuitenkin epärationaalista. Hävityt pelimerkit pitäisi nähdä uponneina kustannuksina, ja jokainen tilanne tulisi nähdä omana erillisenä tilanteenaan. Monen pokerinpelaajan suusta on

kuulunut, kuinka monta kertaa pitäisi tuplata pelimerkkinsä, että pääsisi takaisin omilleen. ”Talon raha” -efekti on tuttu näky kasinoilla (mistä termi tulee): voitolla oleva pelaaja alkaa pokeripöydässä pelaamaan entistä enemmän pokerikäsiä, eikä pienten pottien häviäminen tunnu haittaavan lainkaan.

Pelaajan jouduttua alkutilanteesta häviölle käytös saattaa muuttua. Käytännössä tämä voi vaikuttaa siihen, että riskinoton kasvaessa pelaaja bluffaa paljon optimaalista määrää enemmän ja ajautuu pois Nash-tasapainosta. Riskiä lisää ottava yksilö saattaa haluta luovuttaa vähemmän eli puolustaa liikaa yli tarvittavan minimipuolustustaajuuden. Tällöin vastapuolen optimistrategia muuttuu huomattavasti pois alkuperäisestä Nash-tasapainosta kohti uutta Nash-tasapainoa. Toisen osapuolen puolustaessa minimitaajuutta useammin, vastustajan ei kannata enää bluffata samalla frekvenssillä kuin tasapainotilanteessa. Vastapuolen ylibluffaaminen lisää tarvittavaa minimipuolustustaajuutta. Muutos kohti uutta Nash-tasapainoa tapahtuu, sillä Nash-tasapaino olettaa, että pelaajat tietävät toistensa strategiat pyrkien maksimaalisesti hyödyntämään vastustajan strategiassa ilmeneviä heikkouksia.

Eil David ja Lien Jaimie W. (2014) löysivät tutkimuksissaan vahvistavia todisteita Thalerin ”omille pääsy” -efektille. Kokeneet ja menestyksekkäätkin pokerinpelaajat muuttuvat enemmän riskiä ottaviksi koettuaan tappioita. Tämä havaittiin kahdella käyttäytymisen alueella: päätös jatkaa pelaamista häviöistä huolimatta ja pelata holtittomammin tappion jälkeen. Mitä enemmän rahaa kokeneet ja usein pelaavat pelaajat menettivät, sitä epätodennäköisemmin he lopettivat pokerisession päivän aikana, mikä altisti heidät jatkuvasti riskille. (Eil D & Lien J. 2014).

3.4.3 Viimeaikaisuusvinoutuma

Viimeaikaisuusvinoutumalla viitataan yksilön taipumukseen antaa liikaa painoarvoa viimeaikaisiin tapahtumiin ja informaatioon päätöksiä tehdessään. Viimeaikaiset

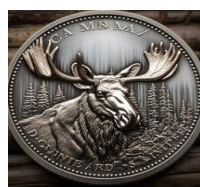
kokemukset ja havainnot painavat vaakakupissa enemmän kuin aikaisemmat kokemukset. Viimeaikaisuusvinoutuma on läheisesti yhteydessä Kahnemanin ja Tverskyn saatavuus (availability) heuristiikkaan, minkä mukaan yksilö pitää tapahtumaa todennäköisempänä mitä helpommin se muistuu mieleen.

Viimeaikaisuusvinoutumaa on havaittu monilla aloilla. Amerikkalaisen jalkapallosarjan NFL:n peleissä vedonlyöjät antavat liikaa painoarvoa viimeaikaisille peleille vetoja lyödessään (Durant, R., Patterson, F. & Shank, C. 2021). Sijoittajat ovat haluttomampia ostamaan osakkeita, joiden 52-viikon korkein hinta on ollut hiljattain, tehden näistä osakkeista alihinnoiteltuja (Qingzhong Ma, Whidbee David & Zhang, Wei & 2014). Tilintarkastajat ovat alttiita viimeaikaisuusvinoutumalle saadessaan sekoitettuja (eli positiivisia sekä negatiivisia) todisteita tarkasteltavan yrityksen taloudellisesta tilasta (Tubbs M. Richard, Messier Jr, William F. & Knechel Robert W. 1990).

Pokerissa pelaajat saavat jatkuvasti sekalaisia todisteita oman strategian toimivuudesta ja vastustajan strategian osista. Viimeaikaisuusvinoutuma on pokerissa hyvin haitallista, sillä varianssin takia jotkin strategiset päätökset toimivat useasti peräkkäin tuottaen pelaajalle rahaa, tai päinvastoin toimivat strategiat voivat suoriutua lyhyessä otoksessa huonosti. Kuvitellaan tilanne, jossa pelaaja pelaa Nash-tasapainostrategiaa toteuttavaa vastustajaa vastaan. Tasapainoinen vastustaja bluffaa neljä kertaa peräkkäin, mikä saa toisen pelaajan viimeaikaisuusvinoutuman takia seuraavissa pokerijaoissa maksamaan paljon herkemmin isoja panostuksia. Tämä luonnollisesti johtaa erittäin negatiivisen odotusarvon peleihin, jos arvio vastustajan ylibluffaamisesta osoittautuu vääräksi. Merkittävä usean sadan käden otos tietyn pelaajan varovaisesta pelityylistä unohtuu, jos viimeisen kymmenen käden aikana peli on ollut aggressiivista. Aggressiivisella pelityylillä viitataan strategiaan, jossa pelaaja panostaa ja korottaa usein suhteessa luovuttamiseen ja sököttämiseen. Hyvien pelikorttien putkia sattuu aika ajoin kaikille, eikä varianssin aiheuttama lyhyen otoksen viimeaikaisten havaintojen kuuluisi vaikuttaa rationaalisen ja optimaalisen pelaajan strategiaan. Ihmisillä on kuitenkin taipumusta tehdä liian isoja johtopäätöksiä pienistä otoksista.

3.4.4 Vahvistusharha

Vahvistusharha (eng. confirmation bias) on ihmisten tapa etsiä omia uskomuksia vahvistavia todisteita, samalla vältellen todistusaineistoa, joka kumoaisi niitä. Steve Pinker (2021, s. 12–13) antaa kirjassaan havainnollistavan esimerkin vahvistusharhasta käytännössä. Kuvittele kolikolla olevan kaksi puolta. Toisella puolella kuva hallitsijasta ja toisella puolella kuva kansalliseläimestä. Seuraava sääntö pätee: jos kolikolla on kuningas toisella puolella, sillä on lintu toisella puolella.



Kuva 2. Kolikkoesimerkki vahvistusharhasta Steve Pinkerin kirjan sivu 12 esimerkkiä mukaillen, kuvat luotu tekoälyllä

Suurin osa ihmisistä ymmärtää, ettei kuningattaren kääntämisellä ole merkitystä, mutta vain 10 % osaa kääntää oikeat kolikot. Enimmäkseen ihmiset kääntävät kuninkaan ympäri tai kuninkaan ja linnun. Oikea vastaus olisi kuitenkin kääntää kuningas ja hirvi, sillä sääntö kumoutuu, jos hirven takana onkin kuningas. Pinkerin mukaan ihmisten yleinen lintuvalinta johtuu vahvistusharhasta. Ihmisillä on taipumusta etsiä vahvistusta olettamuksilleen, eikä todistusaineistoa mikä kumoaa väitteen. Sääntö ei sano mitään siitä, että linnun takana pitäisi olla kuningas, joten linnun kääntäminen ei ratkaise ongelmaa.

Pokerissa vahvistusharha voi aiheuttaa strategisia virheitä. Kuvitellaan pokeriesimerkki pelaajasta nimeltä Petteri. Petterillä on vahva ennakkokäsitys hänen kanssaan samassa pokeripöydässä pelaavasta Annikasta, että Annikan pelityyli on passiivinen. Petteri uskoo siis Annikan korotusten ja panostusten olevan erittäin todennäköinen merkki hänen pokerikätensä vahvuudesta. Petteri tarkkailee Annikan ja toisen vastustajan välillä käytävää pokerikättä, jossa Annika aggressiivisesti korottaa rahaa pottiin. Petteri pitää

ennakkokäsityksensä takia tätä merkinä vahvuudesta ja kun Annika voittaa potin, hän näyttää erittäin vahvan voittokäden. Tämä vahvistaa Petterin valmiina ollutta käsitystä Annikan pelityylistä, mikä saattaa vahvasti vaikuttaa Petterin tuleviin päätöksiin pelatessaan Annikaa vastaan. Petteri todennäköisesti ei anna yhtä isoa painoarvoa todisteille, jotka olisivat päinvastaisia hänen ennakkokäsityksensä kanssa, vaan todistusaineisto, joka vahvistaa hänen käsitystään jää huomattavasti paremmin mieleen. Petteri saattaa esimerkiksi luovuttaa paljon enemmän pelatessaan pottia Annikaa vastaan, jossa Annika korottaa aggressiivisesti.

3.4.5 Ihmisten kyky satunnaistaa

Tässä kappaleessa käydään läpi ihmisten kykyä satunnaistaa tai pelata optimaalista strategiaa. Tässä tutkielmassa aiemmin mainitut Alfa ja MDF ohjaavat pelaajien optimaalista bluffaamista, jossa optimi bluffausmäärä on hyvin herkkä muutoksille vastustajan strategiassa. Yllä mainitut päätöksenteon vinoutumat helposti kallistavat yksilöä tekemään jonkin ratkaisun useammin tai harvemmin kuin pitäisi. Ihmiset ovat taipuvaisia etsimään kuvioita ja järjestystä, minkä vuoksi satunnaistaminen ei ole helppoa.

Aivan kuten tennisotteluissa pelaajien todettiin vaihtavan liian usein tennissyöttöjen puolta, Budescu ja Rapoport (1992) toteavat, että ihmisillä on kognitiivinen vinoutuma tehdä liian paljon muutoksia tuottaessaan sattumanvaraisia järjestyksiä. Tutkijat esittelevät useita vanhoja tutkimuksia, jotka tukevat tätä näkemystä. Ihmisten tuottamissa lukuonoissa on liian vähän symmetrioita ja pitkiä putkia sekä liikaa tasapainottamista lyhyen ajan sisään. Ihmisillä on myös vaikeuksia tunnistaa oikeasti satunnaisia jonoja joukosta, jossa on seassa ihmisten tuottamia jonoja.

Budescu ja Rapoport (1992) halusivat tutkia, onnistuvatko ihmiset paremmin toimimaan satunnaisesti peliympäristössä, jossa menestyminen vaatii luonnollisesti parempaa

satunnaistamista. Peli oli seuraavanlainen: jokaisella kierroksella pelaaja saa valita punaisen tai sinisen kortin. Pelaaja 2 joutuu maksamaan yhden yksikön pelaajalle 1 heidän molempien valitessa samanvärisen kortin. Pelaaja 1 taas maksaa pelaajalle 2 yhden yksikön heidän valitessa eriväriset kortit.

Taulukko 1. 2x2 kahden henkilön nollasummapelien voittomatriisi. Vasen luku kuvaa tuottoa pelaajalle 1, ja oikea luku kuvaa tuottoa pelaajalle 2. Taulukon peliesimerkki on Budescun ja Rapoportin (1992) artikkelin mukainen.

		Pelaajan 2 valinta	
		Punainen	Sininen
Pelaajan 1 valinta	Punainen	1, -1	-1, 1
	Sininen	-1, 1	1, -1

Tutkimuksessa oli kolme eri ryhmää. Ensimmäisessä kaksi pelaajaa kasvatusten pelasi yllä olevaa peliä 150 kierrosta. Toisessa ryhmässä pelaajat ilmoittivat etukäteen suunnitellut valintansa 150 kierrosta eteenpäin. Viimeisessä ryhmässä tutkittiin pelaajien kykyä satunnaistaa laittamalla heidät tuottamaan binäärinen kahden yhtä todennäköisen vaihtoehdon 150:n jono. Nimellisesti heitä pyydettiin simuloimaan satunnainen lopputulos heitettäessä kolikkoa 150 kertaa peräkkäin.

Ryhmä, jossa pelaajat pelasivat vastakkain, onnistuivat parhaiten satunnaistamisessa. Tutkijat tutkivat binäärisen jonon neljän peräkkäisen luvun esiintymistä (1, 1, 1, 1 ja 1, 1, 1, 0, ja 1, 1, 0, 0 jne.). Teoriassa jokaisen lukujonon tulisi esiintyä yhtä usein, 6.25 % frekvenssillä. Lukujonossa kuvitellaan luvun 1 esittävän valintaa punainen, ja 0 esittävän valintaa sininen. Vastakkain pelaavien ryhmässä keskihajonta oli pienintä ja esiintymistiheys oli lähimpänä odotettua 6,25 %. Jokaisessa ryhmässä sarjat 1, 1, 1, 1 ja 0, 0, 0, 0 esiintyivät vähiten ja sarjat 0, 1, 0, 1 ja 1, 0, 1, 0 esiintyivät eniten. Tämä vahvistaa aiempia tutkimustuloksia siitä, että yksilöt vaihtelevat liian usein valintojaan.

Ensimmäisen ryhmän tulokset näyttävät vähentävän yleistä vinoutumaa, ja näyttäisi siltä, että kilpailullisessa ympäristössä yksilöt osaavat satunnaistaa paremmin.

3.4.6 Eksploittaminen ja vastaeksploittaminen

Yksi syy yksilölle poiketa Nash-tasapainosta on havainto vastustajan epäoptimaalisesta strategiasta ja näiden virheiden hyödyntäminen eli eksploittaminen. Budescu ja Rapoport (1992) huomauttavat, että tällainen poikkeaminen tasapainosta sisältää riskin suuremmista tappioista, kuin mitä tasapainostrategia olisi antanut. Tämä johtuu vastustajan mahdollisesta vastaeksploittamisesta. Tässä kappaleessa selitetään tarkemmin eksploittamista ja vastaeksploittamista käyttäen esimerkkinä pokeriskenaarioita.

Eksploittamisen riskinä on mahdollinen tappio vastustajalle, joka mukautuu huomattuaan toisen poikkeavan strategian. Nollasummapeleissä, jossa ei ole Nash-tasapainoa puhtailla strategioilla, pelaajien tulee teoriassa omaksua sekoitettu strategia, mutta sen pelaaminen optimaalisesti on ihmiselle hyvin vaikeaa. Tämänkaltaisissa peleissä, kun vastustajat eivät pelaa Nash-tasapaino strategioita, pelaajalle löytyy yleensä puhdas uniikki parhaan strategian ratkaisu, joka antaa korkeamman tuoton kuin odotettu Nash-tasapainotaso (Shachat & Swarthout 2004). Tämä herättää tärkeän kysymyksen siitä, huomaavatko vastustajat poikkeamia strategiassa ja yrittävätkö he hyödyntää niitä? Jason Shachat ja Todd J. Swarthout (2004) tutkivat tätä artikkelissaan, jossa osallistujat pelasivat toistuvasti uniikilla Nash-tasapaino sekastrategialla varustettua tietokonetta vastaan. Keskiarvollisesti osallistujat onnistuivat hyvin hyödyntämään sekoitettua strategiaa, joka poikkesi Nash-tasapainosta ja saavuttivat korkeampia tuottoja. Tietokonevastustajan poiketessa yli 15 % Nash-tasapainosta, osallistujat onnistuivat nostattamaan odotettua tuottoaan. Tutkimuksen osanottajat pelasivat yksinkertaista 2x2 matriisipeliä, jossa rivi- ja sarakepelaajalla oli vaihtoehtona vasen tai oikea.

Seale ja Phelan (2010) tutkivat yksinkertaistetussa pokeritutkimuksessa ihmisten bluffaus- ja panostuskäyttäytymistä ja saivat päinvastaisia tuloksia kuin Shachat ja Swarthoutin (2004). Osallistujat pelasivat 200 jakoa yksinkertaistettua pokeripeliä. Puolet osallistujista pelasi Nash-tasapainostrategiaa noudattavaa tietokonetta vastaan ja puolet sellaista tietokonetta vastaan, jonka strategia oli mukautettu pelaamaan tavalla, joka hyödynsi ihmisten virheitä maksimaalisesti. Tutkimuksessa osallistujat jaettiin rooleihin P1 tai P2. Jokaisessa pelissä toisena osapuolena oli tietokone ja toisena ihminen. Välillä tietokone oli P1 roolissa ja välillä ihminen P2 roolissa ja toisinpäin. Kummallekin P1:lle ja P2:lle jaettiin yksi kortti pakasta, joka sisälsi seitsemän mahdollista korttia, kakkosesta kahdeksikkoon. Seuraavaksi pelaajat asettivat alkupanokseksi yhden pelimerkin. Korttien jakamisen jälkeen P1:n oli panostettava tai olla panostamatta (sököttää). P1:n sököttäessä pelaajien kortit käännettiin ympäri ja korkeimman kortin omaava pelaaja keräsi potissa olleet kaksi pelimerkkiä. P1:n panostaessa hän lisäsi pottiin kaksi pelimerkkiä. P2:n vaihtoehtoiksi jäi maksaa kahden pelimerkin panostus tai luovuttaa korttinsa. P2:n maksaessa, kortit käännettiin ympäri ja korkeimman kortin omaava pelaaja keräsi koko potin. P2:n luovuttaessa kortteja ei käännetty ympäri ja P1 voitti potin.

Seale ja Phelan eivät löytäneet merkkejä siitä, että pelaajien päätökset olisivat riippuneet siitä, kumpaa strategiaa tietokonevastustaja pelasi. Osallistujat eivät myöskään oppineet kokemuksen kautta pelaamaan lähemmäksi optimistrategiaa: muutosta päätöksissä ei havaittu 200 jaon aikana. Pelaajat tekivät toistuvasti virheitä verrattuna optimaaliseen strategiaan. Pelaajat panostivat liian usein P1:n roolissa keskivahvoilla korteilla, kun optimaalisen strategian mukaan tulisi panostaa korteilla 2, 7 ja 8. Seale ja Phelanin tulokset kertovat, etteivät pelaajat lähestyneet optimaalista ratkaisua kokemuksen kautta, vaikka puolet pelaajista pelasivat eksplotiivista konetta vastaan. Ihmispelaajien valinnat olivat kaukana optimaalisen teorian odotuksista. Pelatessaan tasapainostrategiaa vastaan ihmiset bluffasivat vain 52 % ajasta saatuaan kortin 2, kun heidän olisi kuulunut panostaa joka kerta. Vastaava luku eksplotiivista tietokonetta

vastaan oli vain 35 %. P2:n roolissa olleet ihmiset, joiden tehtävänä oli siis maksaa panostuksia oikeassa suhteessa, eivät myöskään käyttäytyneet optimaalisen teorian mukaan. Tutkittavat osallistujat luovuttivat vain noin 60 % ajasta ja maksoivat noin 94 % oletetun 100 % sijaan kummassakin tutkimuksessa. Tutkijat osoittivat eri aikasarjojen avulla, että tutkittavat epäonnistuivat lähestymään optimaalista strategiaa toistojen myötä.

4 Peliteoreettisen optimistrategian herkkyys

Tämän kappaleen tarkoitus on havainnollistaa lukijalle leikkimielisten peliesimerkkien avulla peliteorian herkkyyttä. Tällä tavoin valmistellaan lukijaa sisäistämään tulevan kappaleen analyysia, joissa syvennytään ammattipokerinpelaajien oikeisiin peliteoriasta poikkeaviin pokerikäsiesimerkkeihin. Tämän kappaleen jälkeen lukijan tulisi ymmärtää, miksi optimaalisesta strategiasta voi poiketa. Käytännön konseptit, joita tässä kappaleessa käsitellään antavat välineitä ymmärtää mahdollisia poikkeamia pokeriammattilaisten päätöksenteossa. Liitteessä 1 on selitetty tarkemmin pokeripelin kulku.

Myöhemmissä monimutkaisemmissa analyyseissä käytetään tämän kappaleen oivalluksia hyväksi. Peliesimerkit on tehty käyttämällä GTO Wizard yrityksen tekoälyratkaisijaa. Esimerkeissä käydään läpi, miten seuraavat tilanteet muuttavat tasapainostrategiaa: vastustaja luovuttaa liian usein ja vastustaja ei luovuta tarpeeksi usein. Nämä tulevat vaikuttamaan sellaisen pelaajan strategiaan, jolla on viimeinen päätöksentekovuoro ennen kuin panostuksia on tehty. Lisäksi käydään läpi tilanne toisen pelaajan näkökulmasta, jossa pelaaja kohtaa panostuksen viimeisellä panostuskierroksella. Tämä tilanne opettaa lukijalle strategian muutoksista, kun tiedetään vastustajan bluffaavan liikaa tai kun tiedetään vastustajan bluffaavan liian vähän.

4.1 Panostaminen riverillä, kun vastustaja luovuttaa liikaa

Tilanteen havainnollistamiseksi luodaan pelitilanne, jossa pöytään tulee yhteisökorteiksi 5, 5, 5, 6 ja 6. Korttien mailla ei ole merkitystä, sillä pöydässä on täyskäsi, joka voittaa värin. Tarkastellaan tilannetta, jossa ensimmäiseksi toimivalla pelaajalla on

käsivalikoimassaan taskuparit JJ, TT, 99, 88, 77. Kaikki mahdolliset kombinaatiot taskupareista ovat mukana eli yhteensä 30 kombinaatiota. Kutsutaan tätä pelaajaa koodilla BB. Viimeisenä vuorossa olevaa pelaajaa nimitetään kirjainyhdistelmällä HJ. Molemmat pelaajat on pakotettu aikaisemmilla panostuskiirroksilla sököttämään eli siirtämään panostusvuoro seuraavalle pelaajalle. Näin päästään tarkastelemaan tilannetta river-kohdassa, jossa molemmat pelaajat saapuvat päätöksentekotilanteeseen koko käsivalikoimallaan. HJ pelaajan käsivalikoimana on taskuparit AA, KK, QQ, 44, 33 ja 22. Käsivalikoimat on valittu tarkoituksella niin, että puolet pelaajan HJ mahdollisista käsistä on parempia kuin mikä tahansa pelaajan BB käsi. BB pelaajan kannattaa olla panostamatta ja siirtää panostusvuoro HJ pelaajalle eli siis sököttää. Panostaminen ei kannattaisi, sillä pelaajien oletetaan tietävän toistensa mahdolliset käsikombinaatiot. HJ pelaaja tietäisi luovuttaa aina pitäessään kädessään 44, 33 tai 22 ja maksaa, kun hänellä on AA, KK tai QQ. Mallinnetussa tilanteessa potin koko on 10, ja pelaajilla on pelimerkkejä yhteensä kymmenen. HJ pelaajan kannattaisi voittonsa maksimoidakseen panostaa kaikki kymmenen merkkiä hänen parhailla pokerikäsillä. Hänen pitäisi myös bluffata juuri tietyllä määrällä tehdäkseen BB pelaajan yhdentekeväksi maksun ja luovutuksen välillä.

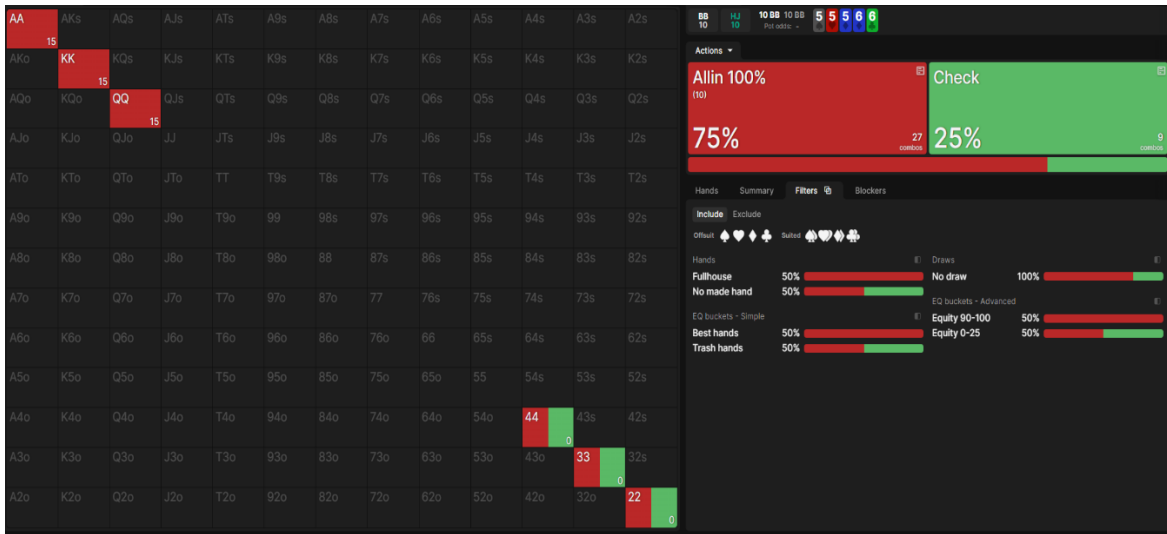
Seuraavaksi käytämme hyväksi kappaleessa 3.3 esiteltyjä konsepteja MDF ja Alfa. MDF kertoo meille, kuinka usein BB pelaaja joutuu maksamaan panostuksen ja Alfa kertoo kuinka usein pelaajan HJ tulisi bluffata.

$$\text{MDF} = \text{Potin koko} \div (\text{potin koko} + \text{panostuksen koko}) \quad (1)$$

$$\text{MDF} = 10 / (10+10) = 0.5$$

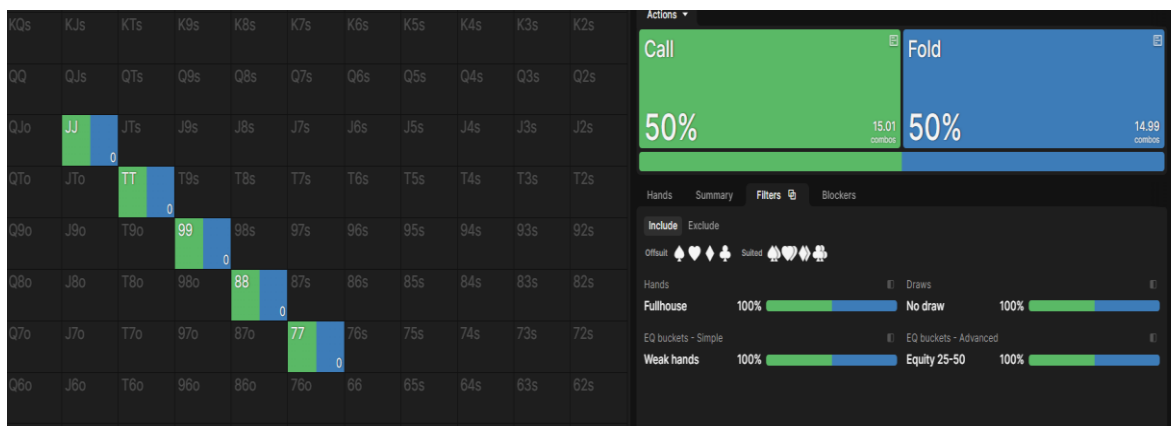
$$\text{Alfa} = 1 - \text{MDF} = 0.5$$

Pelaajan BB olisi siis maksettava 50 % pokerikäsistään estääkseen HJ pelaajan tekemästä voittoa häneltä bluffeillaan. HJ pelaajan olisi taas bluffata 50 % ajasta. AA, KK ja QQ, kädet ovat parempia kuin mikään pelaajan BB käsistä, joten mahdollisia bluffauskäsiä ovat vain 44,33 ja 22, joten näiden käsien tulee bluffata 50 % ajasta.



Kuva 3. Pelaajan HJ strategia. Tilanne luotu GTO Wizard AI ohjelmalla, josta otettu kuvakaappaus

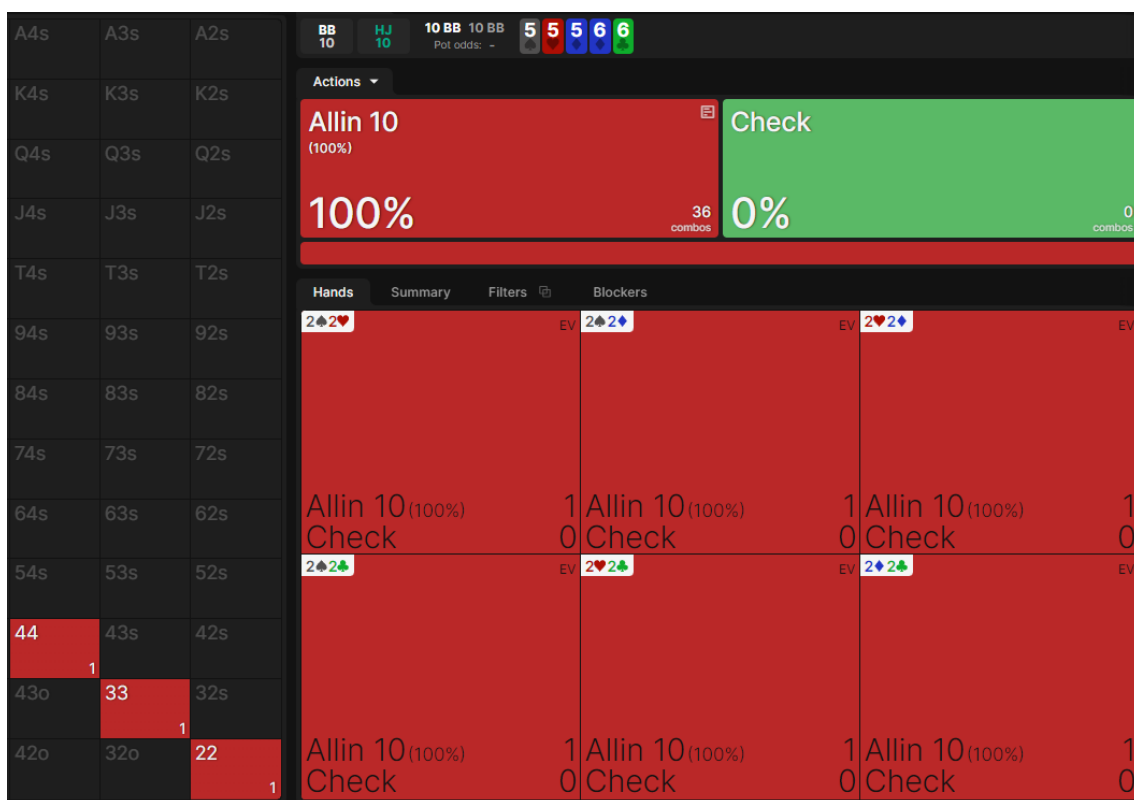
Kuvassa 3 punaisella värillä maalatut ruudut kuvaavat sitä, että optimaalinen strategia panostaisi kaikki pelaajan HJ 10 pelimerkkiään pottiin. Käsikombinaatiot 44, 33 ja 22 on maalattu puoliksi vihreällä, puoliksi punaisella värillä. Optimaalisen strategian mukaan näillä korteilla olisi panostettava 50 % ajasta kaikki kymmenen pelimerkkiä, ja loput ajasta olla panostamatta mitään eli sököttää.



Kuva 4. Pelaajan BB strategia, kun hän kohtaa pelaajan HJ panostuksen. Tilanne luotu GTO Wizard AI ohjelmalla, josta otettu kuvakaappaus

Pelaajan BB tapauksessa kuvassa 4 ruudut JJ-77 on maalattu puoliksi sinisellä, puoliksi vihreällä. Vihreä väri kuvastaa sitä, että 50 % ajasta optimaalisen teorian mukaan näillä korteilla tulisi maksaa panostus, ja 50 % ajasta luovuttaa.

Pelaajalle BB on yhdentekevää maksaako vai luovuttaako hän HJ pelaajan bluffatessa oikean määrän. Todellisessa maailmassa emme tiedä kuinka usein vastustaja bluffaa, ja ihmisten ollessa huonoja satunnaistamaan, on helppoa luovuttaa liikaa suhteessa optimaaliseen strategiaan. Pelaajalle HJ on myös yhdentekevää, bluffaako vai onko hän bluffaamatta käsillään 44, 33, 22. Pelaajan BB luovuttaessa viisi prosenttiyksikköä liian usein eli 55 % ajasta, uusi optimistrategia pelaajalle HJ on bluffata 44, 33 ja 22 käsikombinaatiot aina.



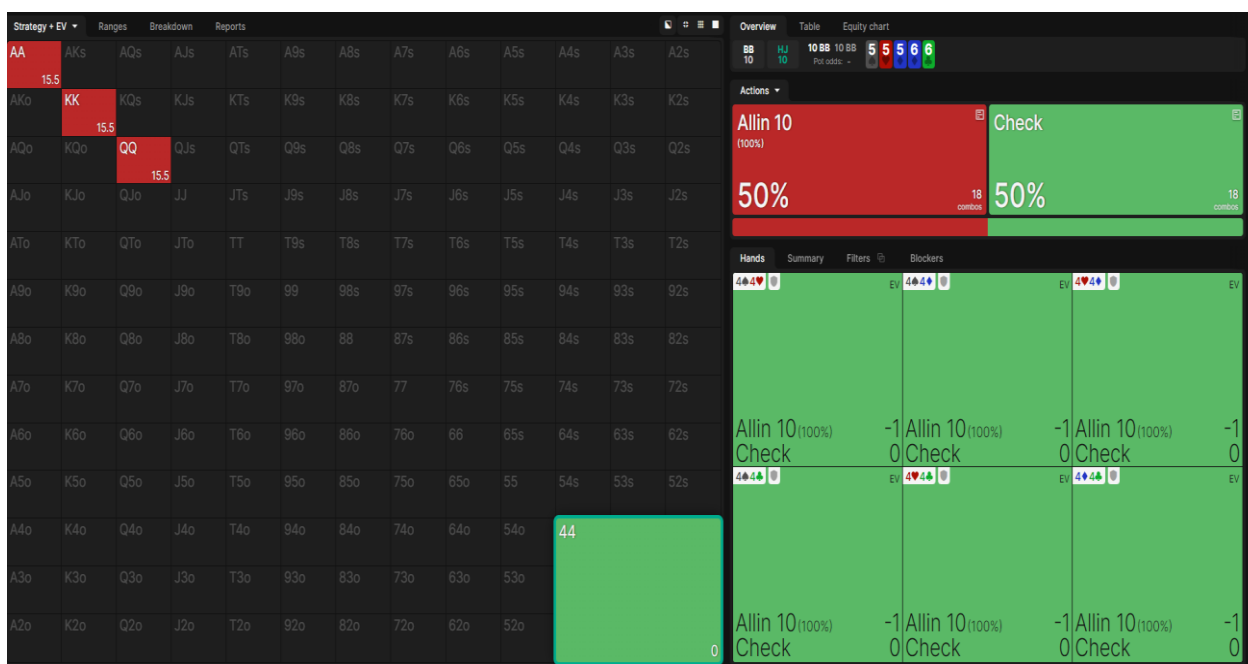
Kuva 5. Pelaajan HJ strategian, kun pelaaja BB luovuttaa 55 % ajasta. Tilanne luotu GTO Wizard AI ohjelmalla, josta otettu kuvakaappaus

Numero 1 käsien 44, 33 ja 22 alla kuvaa odotusarvoa näille käsille niiden panostaessa kymmenen pelimerkin verran kymmenen pelimerkin pottiin. Bluffikäsi odotusarvo on

muuttunut nolosta positiiviseksi yhden pelimerkin arvoiseksi vastustajan luovuttaessa 5 % liian usein. Tilannetta ajatellaan kerrasta poikki periaatteella eli BB pelaaja on lukittu luovuttamaan liikaa, eikä pysty sopeutumaan uudestaan HJ pelaajan vastastrategiaan. Jos BB pelaaja tietäisi HJ:n bluffaavan joka kerta, hän sopeutuisi maksamalla joka kerta, jonka jälkeen taas HJ bluffaisi vähemmän ja niin edelleen.

4.2 Panostaminen riverillä, kun vastustaja luovuttaa liian harvoin

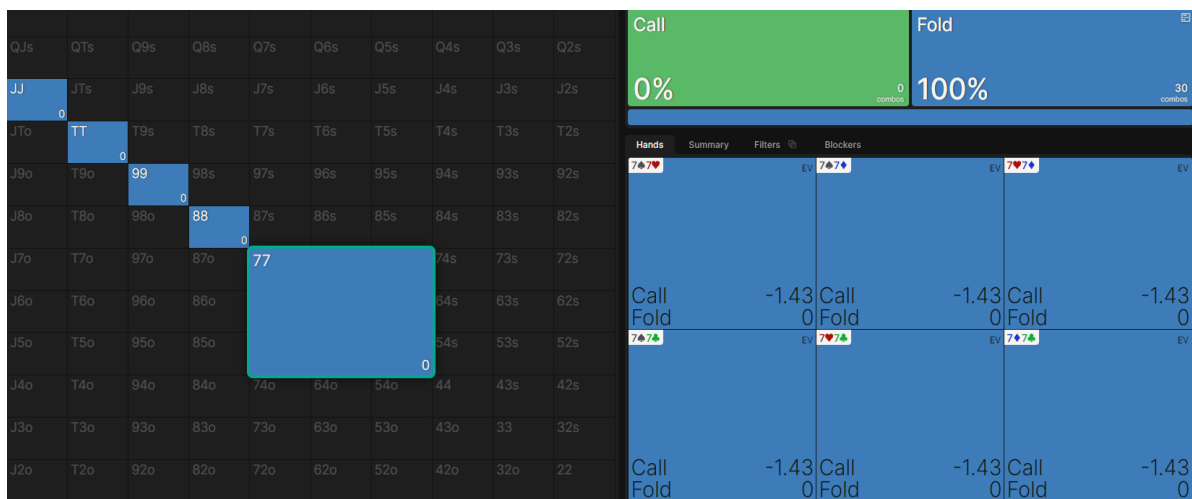
Kuva 6 näyttää optimaalisen strategian pelaajalle HJ, kun tiedetään vastustajan luovuttavan vain 45 % ajasta optimaalisen 50 % sijaan. Nyt suunta on päinvastainen, eli pelaajan ei kannata ikinä bluffata korteilla 44, 33 tai 22. Odotusarvo on negatiivinen yhden pelimerkin verran.



Kuva 6. Pelaajan HJ strategia, kun BB luovuttaa liian harvoin. Tilanne luotu GTO Wizard AI ohjelmalla, josta otettu kuvakaappaus

4.3 Maksaminen riverillä, kun vastustaja ei bluffaa tarpeeksi

Siirrytään tarkastelemaan puolustajan BB näkökulmasta tilannetta, jossa hän tietää toisen pelaajan bluffaavan liian harvoin. Muistutukseksi Alfa laskukaava kertoi optimaaliseksi bluffausmääräksi 50 % ajasta pelaajalle HJ. Oletetaan nyt bluffausmääräksi kymmenen prosenttiyksikköä vähemmän. Pelaajalle BB maksaminen millä tahansa taskupareista JJ, TT, 99, 88, 77 oli odotusarvoltaan nolla alkuperäistilanteessa.



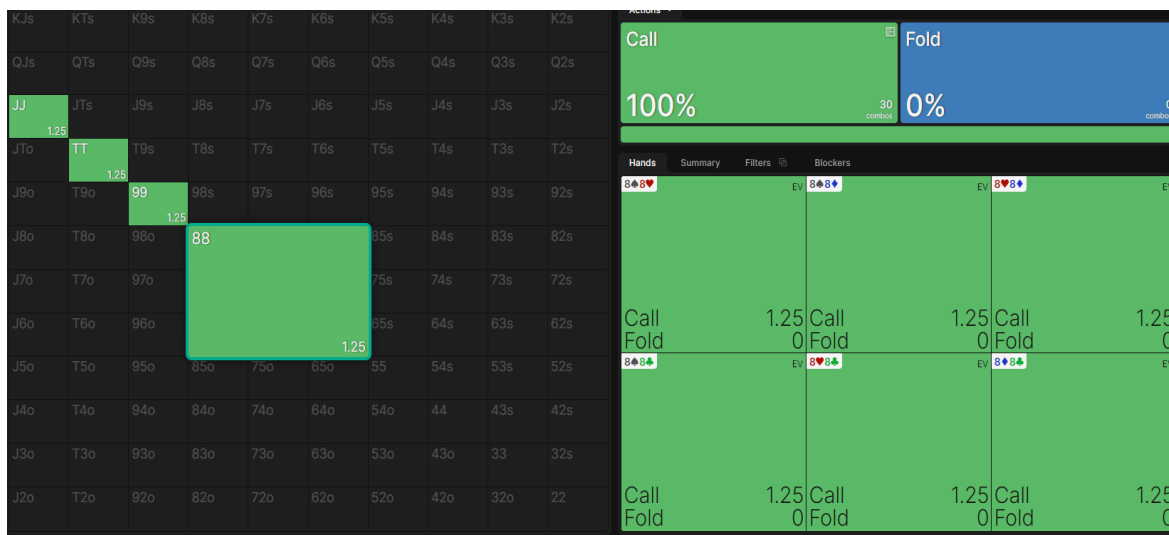
Kuva 7. Alibluffaamisen vaikutus pelaajan BB strategiaan. Tilanne luotu GTO Wizard AI ohjelmalla, josta otettu kuvakaappaus.

Kuva 7 näyttää uuden strategian pelaajalle HJ, kun BB pelaaja poikkeaa teoreettisesta 50 % bluffausfrekvenssistä ja bluffaa vain 40 %. Pokerikädet 77-JJ on maalattu sinisellä värillä, joka kuvaa luovuttamista. Vain kymmenen prosenttiyksikön muutos tasapainosta heilautti BB:n strategian siihen, että jokainen pokerikäsi tulee luovuttaa.

Oikeassa elämässä vastustajan tarkkaa strategiaa ei tiedetä eikä strategian muutoksia ole helppo havaita. Esimerkin kymmenen prosentin liian vähäinen bluffaaminen aiheuttaa negatiivisen 1.43 odotusarvon pelaajalle, joka jatkaisi alkuperäisen strategian mukaista maksamista.

4.4 Maksaminen riverillä, kun vastustaja bluffaa liikaa

Loogisesti vastustajan ylibluffaaminen muuttaa pelaajan BB maksamisen odotusarvon korkeammaksi kuin alkutilanne. Pelaajalle HJ hänen parhaiden käsiensä odotusarvo kasvaa, koska BB maksaa nyt 100 % ajasta hänen panostuksensa, mutta strategian kokonaisodotusarvo laskee, sillä hänen bluffaamisensa odotusarvo laskee suhteessa enemmän. Kuvassa kahdeksan HJ on määritetty bluffaamaan 10 % liian usein.



Kuva 8. BB pelaajan strategia HJ pelaajan bluffatessa liikaa. Tilanne luotu GTO Wizard AI ohjelmalla, josta otettu kuvakaappaus.

4.5 Yhteenveto ja huomioita esimerkkipeleistä

On hyvä pitää mielessä, että nämä ovat vain esimerkkejä pokeritilanteista. Tarkoituksena on ollut osoittaa mihin suuntaan ja kuinka herkästi kannattaa muuttaa omaa strategiaansa, kun vastustajan strategia muuttuu. Näissä tilanteissa tulee tosielämässä esiin pelaajien taidot havaita vastustajien taipumukset ja hyväksikäyttää niitä ilman, että heidän oma strategiansa yli- ja alibluffaamisen suhteen tulee selväksi. Yksi suurimmista

eroista peliteoriaoptimaalisten ratkaisujen ja tosielämän välillä on selvänäköisyys (clairvoyance). Yllä mainitut eksplotiiviset strategiat eivät toimi teoriassa, sillä ratkaisijat näkevät toistensa mahdolliset käsivalikoimat ja strategian jokaisessa pelipuun vaiheessa. Poikkeaminen optimaalisesta strategiasta on odotusarvillisesti katastrofaalista solveria vastaan, sillä ne voivat välittömästi hyödyntää virheitäsi. Ihmiset eivät pysty samaan, sillä tosielämässä kukaan vastustaja ei voi täysin tietää strategiaasi missään tilanteessa.

Edellisessä kappaleessa esitelty Seale ja Phelanin (2010) tutkimus tukee myös näkemystä, että ihmiset eivät havaitse eksplotiivisia muutoksia vastustajan strategiassa kovin nopeasti tai eivät ainakaan reagoi niihin. Tekoälyratkaisija reagoi välittömästi strategian muutoksiin ja pyrkii hyödyntämään heti maksimaalisesti havaittuja muutoksia. Ihmiset eivät myöskään välttämättä tiedä, miten havaittuja virheitä voisi käyttää hyväksi. Ihmiset tarvitsevat myös todennäköisesti ison otoksen vastustajan pelistä ennen kuin he ovat tarpeeksi varmoja vastustajan virheistä. Monet pelaajat eivät kuitenkaan halua poiketa liikaa optimaalisesta strategiasta, ja riskejä välttävä pelaajatyyppe tuskin uskaltaa maksimaalisesti hyödyntää vastustajansa virheitä. Eksplotiivinen peli on vaarallista pelaajalle itselleen, sillä se avaa strategian haavoittuaiseksi vastustajan vastaeksplotiatiolle.

5 Peliteoriaoptimista poikkeaminen korkeiden panosten pokeriturnauksissa

Pokeripiireissä yleinen mielipide olettaa pelin hipovan täydellisyyttä korkeimmalla tasolla, ja ajatellaan, ettei systemaattinen rahan tekeminen pokerissa ole enää helppoa. Kirjallisuudesta ei ole löytynyt vastaavaa yritystä selvittää virheitä huipputason pokerissa. Kaikkia poikkeamia peliteoriasta ei voida kirjaimellisesti pitää virheinä, sillä kuten kappaleessa neljä esimerkkien avulla näytettiin, optimaalinen pokeriteoria on herkkä pienillekin muutoksille. Toisinaan on teoreettisesti oikein tehdä suuria poikkeamia alkuperäisestä optimaalisesta pokeristrategiasta, jos tietää vastustajan heikkoudet.

Ennen tämän tutkimuksen tuloksiin syventymistä tarjotaan lukijalle kuva metodeista, joilla tulokset saatiin sekä selitetään kriteerit, joilla pelaajien toimet määritettiin odotusarvallisesti virheellisiksi. Tämän mahdollistaa markkinoiden johtavan, peliteoriaoptimiratkaisuja tarjoavan yrityksen GTO Wizardin ohjelmisto. GTO Wizardin sivuilla on lukematon määrä valmiiksi ratkaistuja pokeritilanteita, tarkoituksena kattaa jokainen mahdollinen vastaantuleva pokeritilanne. Tässä tutkimuksessa havaittiin kuitenkin, ettei GTO Wizard hallitse kaikkia mahdollisia tilanteita. Tämä on osoitus pokerin monimutkaisuudesta. Pelaaja saattoi korottaa tilanteessa, joka ei ollut GTO Wizardin peliteoriaoptimistrategian raamien mukainen. Näitä tilanteita varten työssä käytettiin GTO Wizardin vuonna 2023 käyttöön ottamaa tekoälyratkaisija GTO Wizard AI. Tekoälyratkaisija antaa mahdollisuuden käyttäjälle nopeasti ratkaista pokeritilanteita vapaasti valituilla parametreilla. Näitä parametrejä ovat mm. potin koko, käytettävissä olevat panostuskoot, pelaajien pelimerkkitalanne ja kaikki mahdolliset pokerikädet. Nämä voivat olla alkuperäisen optimiratkaisun ulkopuolella. Tekoäly laskee tämän jälkeen uuden optimaalisen strategian näillä annetuilla tiedoilla.

5.1 Tutkimusmetodi

Pokerissa valintojen odotusarvo on erittäin herkkä vastustajan strategialle, joten kaikkia poikkeamia "peliteoriaoptimista" ei voitu pitää virheinä.

Preflop on ensimmäinen panostuskierros, joka on useimmiten tapahtuva päätöstilanne pokeripelissä. Virheen rajaksi tässä preflop tilanteessa määriteltiin se, kun valitun päätöksen teoreettinen odotusarvo poikkeaa 0.03 tai enemmän parhaasta ratkaisusta. Odotusarvo kuvataan ohjelmassa sen mukaan, kuinka paljon valitun toiminnon voidaan odottaa tuottavan isoilla sokkohanoksilla mitattuna tuottoa pitkällä tähtäimellä. Esimerkiksi pelin parhaan pokerikäden, kaksi ässää, korottaminen jakajan paikalta tuottaa odotusarvollisesti 14.07 isoa sokkohanosta. Pelin huonoimmalla kädellä eli eri maata olevat 7 ja 2, vastaava odotusarvo on negatiivinen 0.5. Pokerissa suorituskykyä mitataan usein juuri sen mukaan, kuinka monen ison sokkohanoksen verran pelaaja tekee voittoa pelattua 100 kättä kohden. Voittosuhdetta viisi isoa sokkohanosta 100 pelattua kättä kohden voidaan pitää erittäin hyvänä voittosuhteena varsinkin korkeimmalla tasolla. Kun pelaaja tekee virheen preflop vaiheessa, jossa hän menettää 0.03 odotusarvoa, hän sadasta vastaavasta tilanteesta menettää siis kolmen sokkohanoksen verran tuottoa. Tätä voidaan pitää merkittävänä vähennyksenä voittosuhteessa, minkä takia se on määritelty tutkimuksessa virheenrajaksi.

Flopin jälkeisessä vaiheessa virheeksi on määritelty tilanne, jossa pelaaja tekee valinnan, jota ratkaisija ei olisi koskaan tehnyt, esimerkiksi luovuttaa tai maksaa tilanteessa, jossa se ei ole optimaalisen strategian mukaista. Valitulla toiminnalla pitää silti myös olla odotusarvo virhe 0.02 optimaaliseen ratkaisuun verrattuna, mikä on pienempi raja kuin preflop vaiheessa. Kun käytössä on laaja valikoima pokerikäsiä, odotusarvovirheet ovat varsinkin pienissä poteissa ja pokerikäden alkuvaiheessa hyvin pieniä. Isoksi virheeksi on kummassakin tapauksessa valittu 0.2 odotusarvopoikkeama optimaalisesta. Todettakoon, että materiaalia läpikäydessä kävi ilmi, että ison virheen odotusarvoraja olisi voinut olla pienempi preflop vaiheessa.

Näiden vaiheiden lisäksi analyysissä tutkittiin viimeisessä päätöksenteko vaiheessa eli river-vaiheessa tehtyjen poikkeamien määrää. Tässä vaiheessa optimaalinen strategia on hyvin herkkä vastustajan strategian muutoksille, joten tarkoituksena oli kartoittaa, kuinka usein tässä vaiheessa poiketaan optimaalisesta strategiasta. Ihmisten kykyä satunnaistaa kyseenalaistettiin aiemmin tutkimuksessa, ja sitä oli myös mahdollista tutkia pokerinpelaajien keskuudessa. Useissa pokeritilanteissa oikea ratkaisu on sekoitettu strategia kahden valinnan välillä, eli odotusarvallisesti saattaa olla yhdentekevää korottaako vai maksaako.

Ensimmäisessä vaiheessa analysoitiin Triton-pokerikiertueilta 256 tilannetta, joissa pelaajilla oli mahdollisuus valita passiivisen ja aggressiivisen strategian välillä. Saadut tulokset on kerätty 200 000–250 000 dollarin sisäänoston Triton-pokerikiertueen kutsuturnauksista. Turnauksen muoto on uniikki, mikä tarjosi ainutlaatuisen tutkimusasetelman, sillä puolet turnauksen pelaajista on huippuammattilaisia ja puolet kutsuttuja pelaajia, joilla ei välttämättä ole kovin merkittävää pokeritaustaa. Turnauksen alussa ammattilaiset pelaavat toisiaan vastaan ja amatöörit amatöörejä vastaan, kunnes ensimmäisen päivän päätteeksi noin 50 % pelaajista on karsiutunut. Tämän jälkeen ammattilaiset ja amatöörit sekoitetaan pelaamaan toisiaan vastaan. Triton-kiertueen sivuilta selviää, ketkä pelasivat ammattilais- ja amatööristatuksilla. Tämä mahdollistaa vertailun ammattilaisten ja amatöörien kyvystä pelata peliteoriaoptimaalisen strategian mukaisesti. Tutkimusmateriaali on kerätty Triton-pokerikiertueen Youtube-kanavalta (www.youtube.com/@TritonPoker), missä on kuvattu jokainen turnaus alusta loppuun saakka. Aineisto kerättiin neljästä eri Triton- kutsuturnauksesta. Tritonin vuoden 2022 Kyproksen kutsuturnauksesta, Kyproksen vuoden 2023 turnauksesta, vuoden 2023 Lontoon kutsuturnauksesta, sekä vuoden 2023 Monte Carlon kutsuturnauksesta.

Tutkituista käsistä 128 oli ammattilaisilta ja 128 amatööreiltä. Tarkoituksena oli selvittää kuinka hyvin ihmiset onnistuvat satunnaistamaan päätöksiään, ja ovatko ihmiset passiivisempia verrattuna tekoälyn tuottamaan optimaaliseen strategiaan. Tässä tutkimuksen vaiheessa passiiviseksi valinnaksi määriteltiin tilanne, jossa ihminen valitsi

passiivisen linjan optimaalisen strategian antaessa saman odotusarvon myös aggressiiviselle valinnalle. Sököttämisen valintaa, kun vaihtoehtona oli panostaa, pidettiin passiivisena, samoin jos valittiin luovutus, kun maksaminen tai korotus oli yhtä pätevä vaihtoehto teoreettisesti. Maksamista pidettiin myös korottamista passiivisempänä vaihtoehtona, sillä silloin pelaaja laittaa tietoisesti vähemmän pelimerkkejä pottiin. Jokaisesta analysoidusta valintatilanteesta kirjattiin ylös optimaalisen teorian frekvenssit, esimerkiksi 62 % ajasta luovutus, 38 % ajasta maksu. Lopuksi verrataan pelaajien tekemien passiivisten valintojen määrää siihen määrään, joka olisi ollut oletettua annetuilla peliteoriaoptimaalisen strategian frekvensseillä.

Varianssi on pokerissa isossa merkityksessä, joten käsiä kerättiin mahdollisimman monesta pelipöydästä. Tällä pyrittiin eliminoimaan yksittäisten pelaajien pelityylin tuloksia vääristävä vaikutus.

5.2 Odotukset ja hypoteesit

Pokeripalstoilla ja -yhteisössä on vallinnut näkemys korkeiden panosten ammattilaisten lähes virheettömästä pelistä. Nettipokerissa korkeiden panosten turnauksissa ammattilaisten odotetaan pelaavan hyvin lähellä peliteoreettisesti optimaalista pokeria. Tutkimuskirjallisuudesta ja Internetistä on vaikea löytää tilastoja siitä, kuinka paljon virheitä tällä tasolla oikeasti tehdään. Tutkimuksen lähtöoletus oli, että huippuammattilaiset tekisivät todella vähän isoja virheitä. River-päätöksentekovaiheen oletettiin tuovan esiin enemmän poikkeamia peliteoriasta, sillä tässä vaiheessa on enemmän tilaa luovuudelle, ja odotusarvojen herkkyys riippuu huomattavan paljon vastustajan oletetusta vastastrategiasta.

Tämä tutkimus pelaajien passiivisista ja aggressiivisista valinnoista pyrkii antamaan näkökulmaa sille, ovatko hyvät pokerinpelaajat aggressiivisempia vai passiivisempia kuin heikommat pelaajat. Se antaa myös esimakua siitä, ovatko ihmiset yleisesti

varovaisempia pokeristrategiassaan verrattuna tunteettoman tekoälyn optimaaliseen strategiaan. Alkuoletuksena oli, että ammattilaiset pelaisivat amatöörejä aggressiivisemmin, mutta kuitenkin vähemmän aggressiivisemmin kuin optimaalinen strategia. Oletus perustuu siihen, että pokerikeskusteluissa on viime vuodet vallinnut näkemys, jonka mukaan optimipokeri löytää jatkuvasti aggressiivisia valintoja, joita ihmiset eivät löytäisi vastaavissa tilanteissa.

Osa tutkimuksessa analysoiduista pokerikäsistä käytiin ammattilaisten pelatessa amatöörejä vastaan, ja näissä peleissä oletetaan ammattilaisten käyttävän eri strategioita kuin keskinäisissä peleissään. Tämä on esimerkki eksploittaamisesta eli ylituoton hakemisesta amatöörien kustannuksella.

5.3 Tulokset

Toisessa vaiheessa tutkimukseen pokeripelaajien virheistä verrattuna optimistrategiaan otettiin mukaan 247 pokerikättä. Analyysissa havaittiin poikkeamia peliteoreettisesta optimista 148 kappaletta. Pelipöydässä istui analyysiä tehdessä aina kuudesta kahdeksaan pelaajaa kerralla. Päätöksentekovaiheita on pokerikäden aikana useita, sillä pelipuu voi haarautua lukuisiin eri tilanteisiin, joten yhden pokerikäden aikana voi siis tapahtua useampi kuin yksi virhe.

Poikkeamaa ja virhettä on tähän asti käytetty synonyymina, mutta on hyvä pitää mielessä, että todennäköisesti iso osa poikkeamista oli tietoisia valintoja pelaajilta heidän yrittäessään saavuttaa korkeampaa tuottoa hyödyntämällä vastustajan oletettuja virheitä. Nämä poikkeamat jaoteltiin kahteen kategoriaan perustuen niiden teoreettiseen odotusarvoon (EV). Taulukkoon 2 on tiivistetty tutkielmassa saadut tulokset.

Analysoitujen käsien määrä	247			
Virheiden määrä	148			
Isot virheet/poikkeamat	63			
River-vaiheessa virheet	27	(pelatut	river	spotit: 42)
Amatöörien tekemät virheet	95			
Ammattilaisten tekemät isot virheet	21			

Taulukko 2. Virheiden luokittelu

Pieniä poikkeamia havaittiin 85 ja isoja 63. Isojen poikkeamien tapauksissa teoreettinen odotusarvon virhe oli suurempi kuin 0.2. Amatöörit olivat vastuussa 95 virheestä kokonaismäärästä 148 (64 %), mikä antaa ymmärtää heidän poikkeavan ammattipelaajia useammin optimaalisesta strategiasta. Toisaalta huippuammattilaiset tekivät 36 % kaikista isoista odotusarvovirheistä, mikä osoittaa, etteivät edes maailman taitavimmat pokerinpelaajat ole immuuneja merkittäville virheille. Pelatuissa river päätöksentekotilanteissa poikkeamia tehtiin 27, kun pelattuja river tilanteita oli otoksessa 42. Tässä tilanteessa nähtiin paljon poikkeamia, mutta 64,3 % poikkeamien osuus oli odotettua suurempi. Huomautettakoon, että Triton-pokeriturnauksissa pelaajilla on käytössä vain 30 sekuntia tehdä päätös, jonka jälkeen heillä on käytössä rajattu määrä aikalisämerkkejä, joiden avulla saa ostettua 30 sekuntia lisää miettimisaikaa. Aikaraja luonnollisesti vaikuttaa pelaajien kykyyn laskea päässään optimaalinen strategia. Isoissa virheissä suhde ammattilaispelaajien ja amatööripelaajien välillä oli samankaltainen. Ammattilaiset tekivät tasan kolmanneksen suurista virheistä, kun amatööripelaajat tekivät kaksi kolmasosaa.

Ammattilaispelaajien 128 tilanteen odotettu peliteoreettinen passiivisten valintojen frekvenssi olisi ollut noin 54 %. Ammattipelaajat valitsivat passiivisesti 74 kertaa, kun optimaalisen frekvenssin mukaan passiivisia valintoja olisi kuulunut olla 69. Amatööripelaajien 128 tilanteen odotetuksi passiivisten valintojen frekvenssiksi muodostui myös 54 %, ja amatööripelaajat valitsivat passiivisesti vain 64 kertaa. Ammattilaiset olivat otoksessa passiivisempia kuin mitä peliteorian mukaan heidän olisi

keskimäärin pitänyt olla. Amatööripelaaajat tekivät vähemmän passiivisia valintoja kuin keskiarvo.

Tulos amatööripelaaajien aggressiivisemmasta taipumuksesta verrattuna ammattipelaajiin yllättää. Selityksiä on tarjolla useita. Triton-lähetyksessä selostaja esimerkiksi mainitsee amatööripelaaajien kertoneen halusta päästä kuvattavaan tv-pöytään, jotta he pääsisivät tekemään ”hienoja bluffeja”. Ammattipelaajat ovat tottuneet pelaamaan tv-lähetyksissä, eikä tv-kameroiden kohteena oleminen varmaankaan saa heitä pelaamaan holtittomalla tavalla. Turnauksen formaatti myös aiheuttaa mahdollisesti ammattilaisten taipumuksen varovaisempaan suuntaan. Turnauksen ensimmäisenä päivänä pelataan noin 10 tuntia, jonka aikana ammattilaiset pelaavat vain keskenään, kun amatööripelaaajat pelaavat samoin vain toisiaan vasten. Turnauksen kakkospäivänä pelaajat yhdistetään, jolloin ammattilaiset pääsevät pelaamaan paljon itseään heikompia vastustajia vastaan. Tämä tilanne luo kannustimen pelata varovaisemmin ensimmäisenä päivänä yrittäen vain selviytyä seuraavaan päivään, jolloin vastustajien taso heikkenee. Tässäkin lähestymistavassa piilee kuitenkin vaara, että aggressiivisempaa pelitapaa noudattavat pelaajat saavat voitettuja potteja liian helposti ilman vastarintaa, kun muut yrittävät vain selvitä kakkospäivään. Amatööripelaaajilla tilanne on taas hieman päinvastainen, jolloin ensimmäisenä päivänä kannattaa yrittää aggressiivisella pelitavalla voittaa paljon pelimerkkejä, ennen kuin seuraavana päivänä vastustajien taso kovenee huomattavasti.

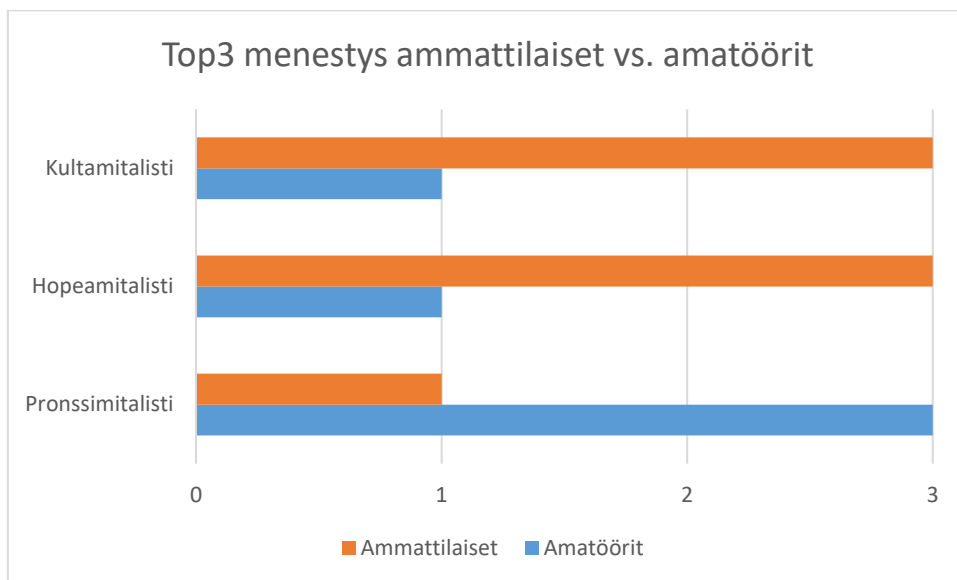
Tulosten materiaaliin käytettiin enimmäkseen ykköspäivältä saatuja tilanteita, vaikka osa oli myös kakkospäivältä. Kakkospäivän tilanteita, jotka olivat tutkijan mielestä liian lähellä rahasijoja ei otettu mukaan analyysiin. Syy tähän ratkaisuun liittyy kappaleessa 3.1 kerrottuun Independent Chip Modeliin. Turnauksen kakkospäivänä pelaajat alkavat olla niin lähellä palkintosijoja, että se vaikuttaa optimaaliseen strategiaan. Voitettut pelimerkit ovat vähemmän arvokkaita kuin hävityt pelimerkit, sillä palkintosijoja on useita, eikä voittaja korjaa koko pottia. Tämän asian huomioonottaminen vaatisi kokonaan omia simulaatioita, joihin ei ratkaisuja ole tarjolla.

Ammattilaisten kannustinta pelata varovaisemmin ensimmäisenä päivänä kutsutaan pokerimaailmassa termillä etuskipppaukseksi (edge passing). Pelaaja saattaa jättää tekemättä positiivisen odotusarvon pelin, jos hän tietää sen olevan vain marginaalisesti positiivinen, koska tulevaisuudessa on tulossa useita paremman odotusarvon tilanteita. Kuvitellaan pelaajaa istumassa World Series of Poker pääturnauksessa, missä hänen oikealla puolellansa istuu pelaaja, joka on jatkuvasti mennyt all-in millä tahansa korteilla huomattavan pitkän jakson. Huolimatta tiedosta hänen holtittomasta aggressiostaan ja laajasta käsivalikoimasta, pelaaja löytää itsensä tilanteesta, jossa tämä yliaggressiivinen vastustaja taas menee 100 sokkohanoksen kokoisella merkkipinollaan all-in. Kuvittelemamme pelaaja istuu viimeisessä positiossa eli hänen jälkeensä ei ole pelivuoroa enää muilla pelaajilla. Pelaaja arvioi käden J ja 9 erimaata olevan hiukan positiivisen odotusarvon puolella maksaessaan valtavan panostuksen, mikäli vastustaja menee all-in millä tahansa korteilla. Ottaen huomioon vastustajan holtittoman pelitavan, maksaminen tuskin olisi järkevin vaihtoehto. Etuskipppaus on strateginen lähestymistapa, jonka tarkoituksena on maksimoida pitkän aikavälin kannattavuus ja minimoida altistuminen tarpeettomille riskeille. Välttämällä marginaalisesti positiivisen odotusarvon tilanteita taitavat pelaajat säilyttävät pidempään etunsa muihin pelaajiin nähden ja pääsevät hyödyntämään kannattavampia tilanteita myöhemmin turnauksessa.

5.3.1 Vertaileva analyysi: amatööripelaajat vs. ammattilaispelaajat

Tämän osuuden tarkoituksena on katsoa, miten eri pelaajaryhmät tuloksellisesti pärjäsivät Triton-kutsuturnauksissa. On vaikea sanoa, pärjäävätkö pokeriammatillaiset hyvin juuri sen takia, että he jatkuvasti tekevät poikkeamia peliteoreettisesta optimista, vai pärjäsivätkö he vielä paremmin, jos he eivät tekisi poikkeamia. Jokaiseen turnaukseen on erikseen Tritonin nettisivuilla merkitty, ketkä turnaukseen osallistuneista pelaajista oli luokiteltu ammattilaisiin ja ketkä kutsuvieraiksi.

Pokeriturnauksissa finaali-pöydäksi nimetään viimeinen jäljellä oleva pöytä, jossa on yleensä viimeiset yhdeksän tai kahdeksan jäljellä olevaa pelaajaa. Tutkimuksen neljän finaali-pöydän 36:sta pelaajasta 22 oli ammattilaisia eli 61 % finaali-pöytään päässeistä pelaajista oli ammattilaisia ja loput 39 % amatöörejä.



Kuva 9. Triton -turnausten pelaajaryhmien menestyksen vertailua.

5.3.2 Luottamusvälit

Luottamusvälin laskeminen on tapa arvioida tulosten luotettavuutta. Se antaa keinon arvioida todellisen pokeripopulaation taipumuksia tehdä tässä tapauksessa passiivisempia tai aggressiivisempia valintoja peliteoriaoptimiin nähden. Aloitetaan laskemalla keskiarho sekä ammattilaisten että amatöörien ryhmille.

Passiivisten valintojen osuus otoksessa ammattilaisille $p_p = \frac{74}{128} = 0.5781$

$$SE(p_p) = \sqrt{\frac{p_p(1-p_p)}{n}}, \quad (2)$$

missä SE on keskiarvo, ja n on otoksen koko. Merkki p_p kuvaa ammattilaisten (professional) passiivisten valintojen suhdetta, joka oli otoksessa 0.5781.

$$SE(p_p) = 0.0437$$

Oletetaan otoksen jakauman noudattavan normaalijakaumaa. Halutun 95 % luottamusvälin saamiseksi käytetään Z-scorea, joka on noin 1.96. Tämä tarkoittaa, että noin 95 % normaalijakauman alasta, jolle todellinen tulos sijoittuu, on 1.96 keskihajonnan päässä keskiarvosta.

$$\text{Virhemarginaali VM} = Z \times \text{SE}(p_p) = 1.96 \times 0.0437 = 0.0857 \quad (3)$$

Laskeaksemme 95 % luottamusvälin passiivisten valintojen suhteelle käytämme kaavaa:

$$\text{LV (luottamusväli)} = \text{Havaittu suhde} \pm \text{VM} \quad (4)$$

$$\text{LV} = 0.5781 \pm 0.0857$$

$$\text{LV} = (0.4924, 0.6638)$$

Tämä merkitsee 95 % varmuutta sille, että todellinen passiivisten valintojen suhde sijaitsee välillä 0.4924 ja 0.6638. Näin ollen havaitut 74 passiivista valintaa olisivat voineet realistisesti olla mitä tahansa 63 ja 84 välillä. Eli tutkimukseen käytetyn 128 pokeritilanteen analyysissä olisi ammattilaisten taipumus voinut hyvin olla sekä passiivisempi tai aggressiivisempi kuin odotettu 69 passiivista valintaa. On kuitenkin todennäköistä otoksen perusteella, että ammattilaiset kallistuisivat hieman passiivisempaan suuntaan. Tutkimusta tehtäessä 87 tilanteen kohdalla ammattilaiset kuitenkin olivat optimaalista frekvenssiä aggressiivisempia ja nyt 128 tilanteen jälkeen passiivisempia. Luottamusväli on myös sangen iso, joten on todettava tämän kaltaisen tutkimuksen vaativan huomattavasti isompaa otantaa luotettavan kuvan saamiseksi. Tässä 128 suhteellisen pienessä otoksessa pelaajien strategian vaihtelu saattaa vaikuttaa tuloksiin merkittävästi. Tähän ongelmaan pyrittiin vaikuttamaan vaihtelemalla usein analyysin kohteina olevia pelaajia, etteivät yksittäisten pelaajien taipumukset vääristäisi tuloksia.

Jatketaan tekemällä samat laskutoimitukset amatööripelaajien ryhmälle.

Passiivisten valintojen suhde amatööripelaajille $p_a = \frac{64}{128} = 0.5$

$$SE(p_a) = \sqrt{\frac{p_a(1-p_a)}{n}}, \quad (5)$$

missä SE tarkoittaa keskivirhettä (standard error) ja p_a kuvaa amatööripelaajien passiivisten valintojen määrää, joka otoksessa oli 64.

$$SE(p_a) = 0.0442$$

$$VM = Z \times SE(p_a) = 1.96 \times 0.0442 = 0.0867 \quad (6)$$

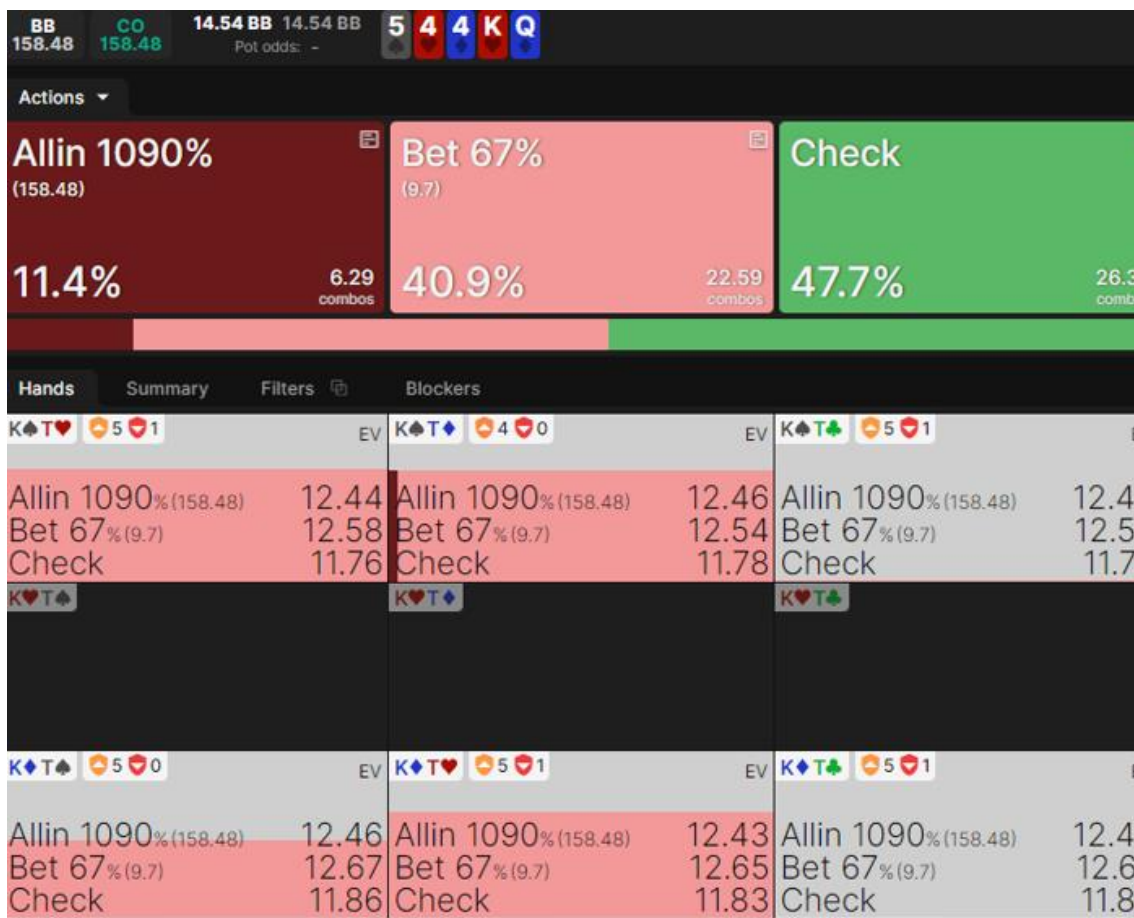
$$LV = \text{Havaittu passiivisten valintojen suhde} \pm VM = 0.5 \pm 0.0867 \quad (7)$$

$$LV = (0.4133, 0.5867)$$

Tämä luottamusväli osoittaa, että 95 % varmuudella voidaan sanoa, että amatööripelaajien todellisten passiivisten valintojen suhde on 0.4133 ja 0.5867 välillä. Näin ollen havaittu passiivisten valintojen määrä olisi voinut jäädä välille 53–75. Sattumalta molemmille pelaajaryhmille kerätystä datasta odotettu passiivisten valintojen määrä annetuilla peliteoriaoptimaalisilla frekvensseillä olisi ollut 69. Huomattavalla varovaisuudella voidaan sanoa tämän otoksen perusteella amatööripelaajien olleen ammattilaispelaajia aggressiivisempia suhteessa optimistrategiaan.

5.3.3 River-poikkeamien analyysi

Seuraavaksi syvennyttään kolmeen river-päätöksentekotilanteessa tehtyyn isoon poikkeamaan Triton-pokerikiertueella. Ensimmäisessä kädessä katsotaan Isaac Haxtonin ja Michael Addamon välillä pelattua tilannetta. Haxton on kaikkein aikojen kahdeksanneksi eniten liveturnauksissa rahastuksia tehnyt pelaaja, Addamo on listalla sijalla 35. River-tilanteessa pöydässä on 5, 4, 4, K ja Q. Flop-vaiheessa ei panostuksia nähty, turn-tilanteessa Addamo puhui ensin siirtäen panostusvuoron Haxtonille, joka panosti noin 65 % potin koosta. Addamo maksoi, jonka jälkeen river tilanteessa kumpikin pelaaja jätti panostamatta ja he jakoivat potin yhtä vahvalla kädellä K, K,4,4 ja Q.



Kuva 10. Peliteoriaoptimaalinen strategia Haxtonin kohtaamassa tilanteessa. Tilanne luotu GTO Wizard AI ohjelmalla, josta otettu kuvakaappaus

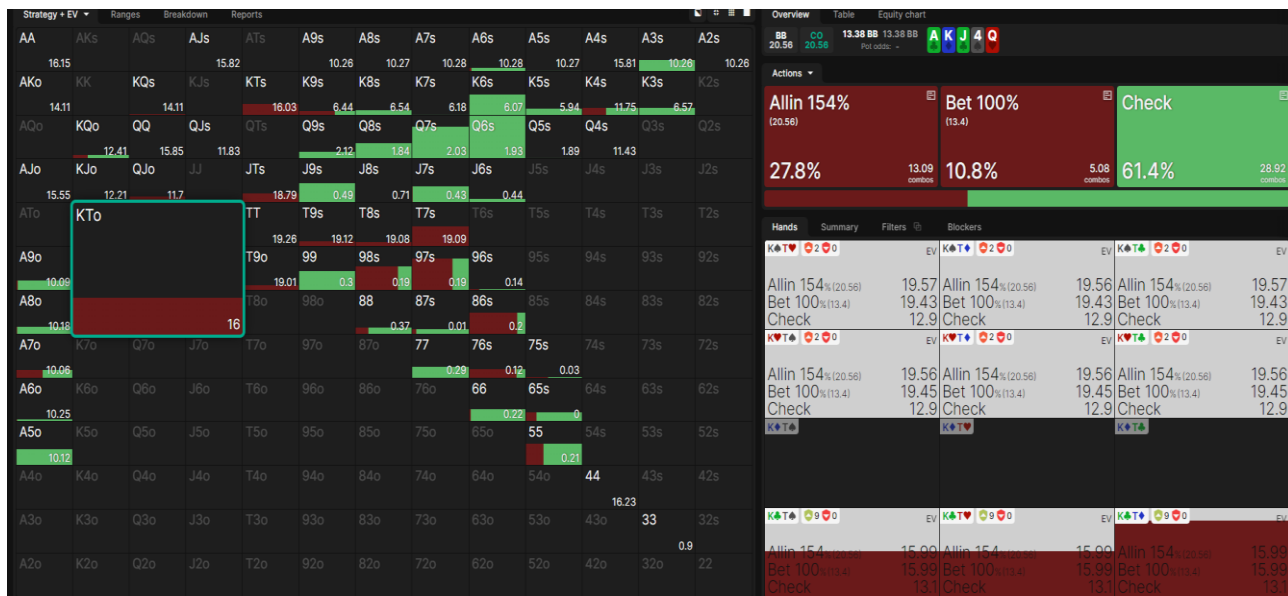
Yläreunassa näkyy strategian kokonaiskuva, all-in tulisi panostaa 11.4 % käsistä, 67 % potista tulisi panostaa 40.9 % käsistä, ja 47.7 % käsistä tulisi jättää panostamatta. Alapuolella näkyy optimaalinen strategia kädelle KT, joka Haxtonilla oli. Merkki T tässä kontekstissa viittaa korttipakan numeroon 10. Kuva 10 näyttää odotusarvoeron 67 % panostuksen ja all in-panostuksen ja panostamatta jättämisen välillä. Panostaminen 67 % potista olisi selkeästi paras valinta tuottaen 0,82 ison sokkohanoksen verran enemmän kuin sököttäminen. Potin ollessa tilanteessa vasta noin 14 ison sokkohanoksen kokoinen, virhe on merkittävä. Sovellus näyttää Haxtonin KT käden olevan 81.3 % ajasta paras käsi ottaen huomioon tilannetta edeltävät pelaajien toiminnot.

Haxton on yksi menestyneimmistä pokerinpelaajista kautta aikain, joten hänen päätökseensä olla panostamatta oli todennäköisesti painava syy. Hänen vastustajansa

Addamo on tunnettu pokeripiireissä erittäin rohkeista bluffeistaan, ennen kaikkea valtavista panostusko'oistaan. Kenties Haxton pelkäsi kohtaavansa usein valtavia korotuksia Addamolta hänen panostuksensa päälle, jos hän panostaisi. Haxton saattoi ajatella, ettei Addamo maksaisi hänen panostustaan tarpeeksi usein huonommilla käsillä. Siinä uskossa Haxtonin pitäisi bluffata tilanteessa useammin kuin mitä teoria suosittelee, sillä Addamon todellakin tulisi maksaa panostus usein huonommalla kädellä kuin kuningas parilla. Tämä päättelyketju johtaisi siihen, että Haxtonin kannattaisi panostaa KT kädellä, sillä hän voisi kuvitella Addamon tajuavan, että hän bluffaa tilanteessa usein, joten hänen kannattaisi myös panostaa hyvillä korteillaan mahdollisimman usein.

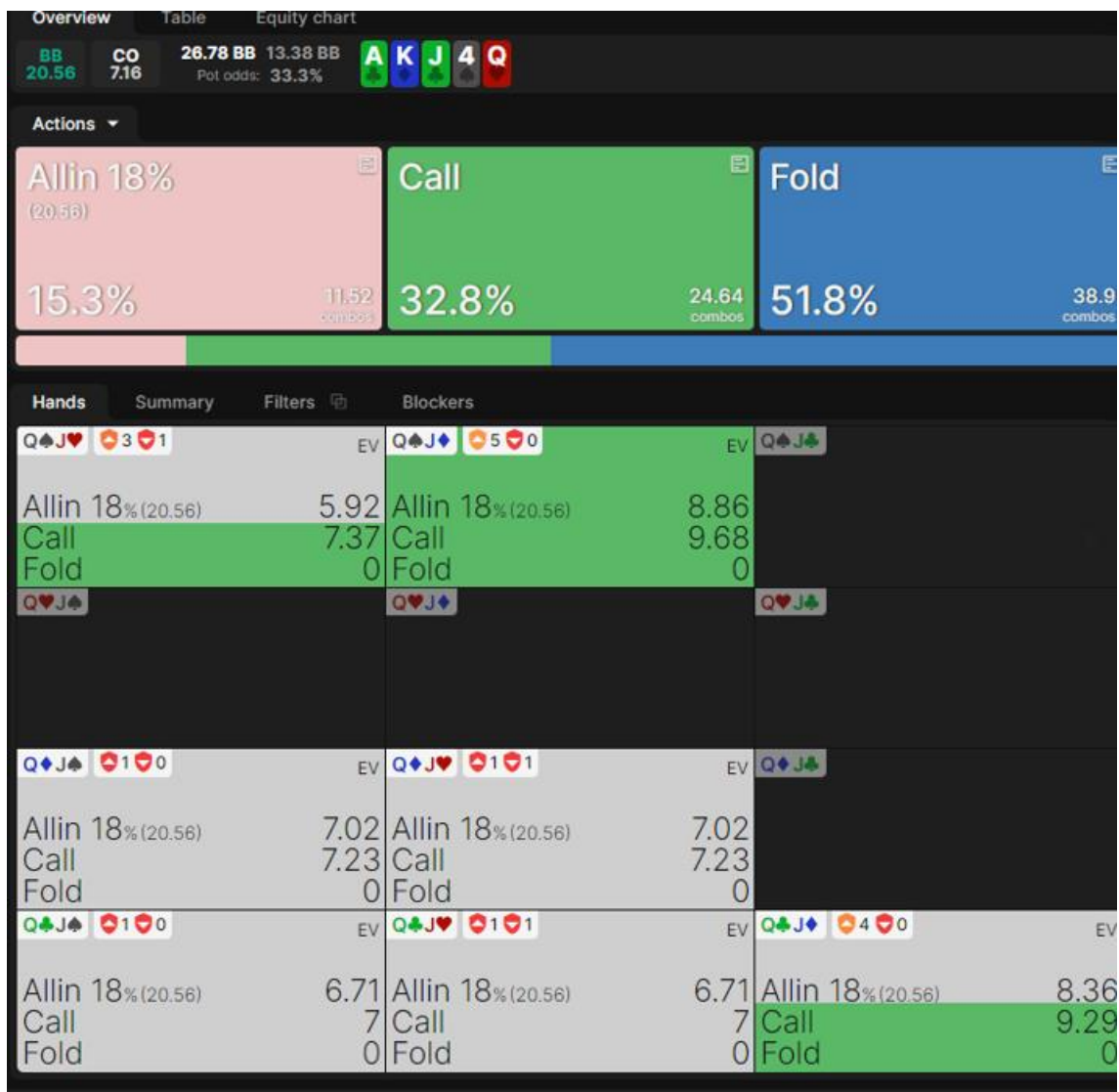
Korkeimmilla panoksilla pelattavissa pokeriturnauksissa pelaajapiirit ovat pienet ja pelaajat kohtaavat toisensa usein. Kutsuturnauksessa on kuitenkin mukana paljon heikompia pelaajia, joten kun kaksi vahvaa pelaajaa kohtaa keskenään, ehkä Haxton näki paremmaksi pelata konservatiivisemmin kyseinen tilanne. Haxtonin panostaessa KT kädellä riverillä 67 %, jos hän olisi kohdannut all-in korotuksen Addamolta, Haxtonin olisi teoriassa pitänyt maksaa välillä estääkseen Addamoa bluffaamasta voitollisesti liian usein. On kuitenkin iso riski maksaa kaikilla pelimerkeillään tilanteessa, jossa odotusarvo on likimain 0, kun turnauksessa on mukana vielä paljon heikompia pelaajia. On myös mahdollista Haxtonin vain aliarvioineen hänen KT-kätensä vahvuuden, eikä hän vain tilanteessa ymmärtänyt sen olevan tarpeeksi vahva panostukselle.

Seuraava river-analyysi on Stephen Chidwickin ja Nick Petrangelon välillä pelattu käsi Monte Carlon Triton-turnauksessa. Chidwick on rahastanut maailman neljänneksi eniten turnauspokerissa, Petrangelo on sijalla 19. Analysoitavassa kädessä tarkastellaan river-tilannetta, jossa pöydässä on AJK4Q, eli mikä tahansa T (=10) tekee parhaan mahdollisen käden tässä tilanteessa. Flop-vaiheessa Petrangelo panosti noin 67 % potista, jonka jälkeen turn-vaihe sökötettiin molempien pelaajien toimesta. River-tilanteessa Chidwick siirsi panostusvuoron Petrangelolle, jonka optimaalinen strategia näkyy kuvassa yhdeksän.



Kuva 11. Petrangelon tilanteessa suositeltu peliteoriaoptimaalinen strategia. Tilanne luotu GTO Wizard AI ohjelmalla, josta otettu kuvakaappaus

Petrangelolla on paljon mahdollisia käsiä, joita bluffata riverillä. Kuvassa yhdeksän tummanpunaisella maalatut ruudukot kuvaavat käsikombinaatioita, joilla kuuluisi panostaa. Taskuparit 88 tai pienemmät voisivat bluffata tai mikä tahansa pariutumaton käsi kuten 98, 97, 86, 65 jne.



Kuva 12. Chidwickin strategia kohdatessaan potin kokoinen lyönti riverillä. Tilanne luotu GTO Wizard AI ohjelmalla, josta otettu kuvakaappaus

Chidwickin QJ käsi on Nash-tasapainostrategian mukaan erittäin korkean odotusarvon maksu. Se tekee noin yhdeksän ison sokkohanoksen verran tuottoa pitkällä tähtäimellä, noin kolmanneksen koko potin koosta. Chidwick kuitenkin luovuttaa teorian mielestä erittäin selkeän maksun. Chidwick luultavasti epäili vastustajansa bluffaavan liian harvoin. GTO Wizardin avulla tarkasteltuna, vaikka Petrangelo bluffaisi 50 % vähemmän kuin on teoreettisesti optimaalista, Chidwickin QJ käsi tulisi silti maksaa aina merkittäväällä kolmen positiivisella odotusarvolla. Ehkä Chidwick kuvitteli, ettei Petrangelolla olisi edes tässä tilanteessa yhtä heikkoja käsiä kuten 98, 87, 97, 76, joilla voisi nyt bluffata.

Chidwickin luovutuksen perusteena saattoi myös olla oletus, että Petrangelo olisi jatkanut panostamista turn-vaiheessa bluffeillaan liian usein, joten sökötetyn turn-vaiheen jälkeen bluffeja olisi todellisuudessa vielä vähemmän jäljellä. Pelattu käsi tapahtui aivan ensimmäisen turnauspäivän viimeisillä hetkillä, jonka jälkeen pelaajat olisivat menneet tauolle ja palanneet seuraavana päivänä.

Tähän asti ammattilaiset olivat pelanneet vain toisiaan vastaan. Seuraavana turnauspäivänä pelipöydät yhdistettäisiin niin, että turnauksen heikommat kutsuvieras pelaajat sekä ammattilaiset pelaisivat sekaisin samoissa pöydissä. Tämä varmasti lisää Chidwickin kaltaisen huippupelaajan tulevaa odotusarvoa turnauksessa. Chidwickin maksaessa river-panostuksen QJ kädellä ollessaan väärässä, hänelle jäisi vain kymmenen ison sokkohanoksen verran pelimerkkejä kakkospäivälle, mikä on turnauspokerissa hyvin vähän. Hän saattoi aliarvioida maksun tuottoisuuden teoriassa, ja halusi säästää pelimerkkejään seuraavalle pelipäivälle heikompia vastustajia vastaan.

Syitä Chidwickin isoon poikkeamaan optimaalisesta teoriasta voi olla lukuisia. Chidwick ja Petrangelo ovat pelanneet vastakkain ison määrän pokerikäsiä, ja ehkä Chidwick oli huomannut viime kerroilla Petrangelon jättävän bluffaamatta useasti tilanteissa, joissa teoria olisi bluffannut. Viimeaikaisuusvinoutuma saattoi saada Chidwickin epäilemään, että tälläkin kertaa Petrangelo bluffaisi liian vähän. Vahvistusharhalla saattaa olla vaikutusta tilanteessa. Kenties Chidwickillä on käsitys, että samanlaisissa tilanteissa, jossa pöydässä on neljä peräkkäistä korkeaa korttia, jolloin suora on hyvin todennäköinen, pelaajat eivät bluffaa tarpeeksi. Vahvistusharha on saattanut ajaa Chidwickin sivuuttamaan samanlaiset tilanteet, jossa vastustaja olikin bluffannut. On kuitenkin ilmeistä, että pokeria pelataan korkeimmallakin tasolla intuition varassa. Chidwick teki tilanteessa oikean ratkaisun teorian väittäessä hänen olleen merkittävästi väärässä.

5.4 Tutkimuksen rajoitukset ja muut huomioitavat asiat

Pokerin huipputasolla pelaajakunnan vaihtuvuus on pientä. Maailman parhaat pelaajat kiertävät ympäri maailmaa pokeriturnauksissa, joissa suuri osa vastustajista on tapahtumasta toiseen samoja. Tritonin Lontoon ja Monte Carlon turnauksissa oli 20 samaa ammattilaista, kun ammattilaisia oli yhteensä noin 45 kummassakin turnauksessa.

Tämän tutkimuksen tuloksia kannattaa vain varovaisuudella yleistää kaikkiin pokeripopulaatioihin. Tutkimukseen valittu otos ei välttämättä ole täysin edustava koko kohderyhmästä. Tätä ongelmaa yritettiin ratkaista ottamalla otos neljästä eri Triton-turnauksesta esimerkiksi yhden sijaan. Tulosten luotettavuuden lisäämiseksi otoskoko olisi voitu nostaa, tai käydä läpi Triton-turnausten lisäksi esimerkiksi World Series of Pokerin samansuuruisien sisäänostojen turnauksia. Tutkimukseen käytettävissä ollut aika oli rajoittava tekijä, sillä tulosten kerääminen käymällä läpi videomateriaalia oli hyvin aikaa vievää.

Dataa olisi ollut mahdollista saada enemmän, esimerkiksi lataamalla tuhansittain nettiturnausten pelihistorioita tilastonkeruohjelmaan. Tähän ratkaisuun ei päädytty, sillä viimeisten tietojen mukaan mahdollisuutta ladata muiden kuin pelaajan omia pokerikäsihistorioita ollaan kieltämässä. Se luo liian suuren kilpailuedun pokerinpelaajille, joilla on pääsy tämänlaiseen dataan.

Tutkimukseen ei ollut käytettävissä tekoälyratkaisijaa, joka kykenisi ratkaisemaan yli kahden pelaajan pokerikäsiä postflop-vaiheessa. Useamman kuin kahden pelaajan pokerikädessä analyysiin otettiin mukaan vain preflop-vaihe. Useamman pelaajan postflop -vaiheen analyysi vaatisi erittäin tehokasta laskentavoimaa, eikä siihen pystyviä ratkaisijoita ole helposti saatavilla. Pelipuu muuttuu eksponentiaalisesti monimutkaisemmaksi kolmannen pelaajan tullessa mukaan pottiin. On siis oletettavaa, että todellisten virheiden määrä oli otoksen aikana vielä suurempi, kun otetaan

huomioon nämä useamman kuin kahden pelaajan vastakkain pelaamat postflop-tilanteet.

Tuloksiin on voinut myös vaikuttaa se tosiasia, että turnauksen pelaajatkin voivat 30 minuutin viiveellä katsoa lähetystä. Turnaukset kuvataan kortit näkyvillä viiveellä, joten pelaajat voivat saada tätä hyödyntämällä nopeammin kuvan vastustajan strategiasta. On kuitenkin epäselvää mihin suuntaan tämä heilauttaisi tuloksia. Suuret poikkeamat paljastuisivat nopeasti, mikä ajaisi pelaajien strategian nopeammin kohti optimaalista Nash-tasapainoa. Tieto siitä, että katsojat ja vastustajat tarkkailevat ammattilaisten strategiaa voisi kuvitella antavan painetta pelata lähempänä peliteoriaoptimaalista strategiaa. Toisaalta havaitut suuret poikkeamat vastustajien pelissä avaavat myös mahdollisuuden vielä suuremmille vastaiskuille, mikä kallistaisi tuloksia enemmän pois peliteoreettisesta optimista.

Optimaalinen pokeristrategia on hyvin monimutkainen, joten olisi epärealistista odottaa edes huippuammattilaisten pelaavan virheettömästi. Virheiden tarkkaa määrää oli kuitenkin vaikea arvioida etukäteen, sillä vastaavanlaisia tutkimuksia ei ole ennen tehty. Tammikuussa 2024 julkaistiin Internetissä pokeriammattilaisen Saulo Costan suuraineistotutkimus, jossa analysoitiin 15 huippuammattilaisen 1.5 miljoonaa kättä (jotka tuottivat 8 miljoonaa dollaria voittorahoja). Vertailuaineistona oli kuuden peliteoreettisen robotin keskenään pelaamat 600 000 kättä. Aineisto lähetettiin osana yksityistä sähköpostiketjua, jossa Saulo Costa mainostaa uutta pokerikurssiaan. Saulo Costa on perustanut menestyneen pokeristeikkausyrityksen nimeltä Metagame. Metagamen tarkoitus on kehittää ja kouluttaa voittavia pokerinpelaajia ja sijoittaa heidän pokeripeleihinsä isolla skaalalla. Kaksi päähavaintoa Saulo Costan kattavasta tutkimuksesta oli:

- 1) Ihmiset panostavat useammin kuin tekoälyratkaisija
- 2) Ihmiset luovuttavat vastustajan panostuksiin useammin kuin tekoälyratkaisija.

Flop-vaiheessa parhaat pelaajat panostivat 73 % ajasta, kun optimaalinen luku oli 62 %. Panostaessaan tässä vaiheessa pelaajat luovuttivat 43 % ajasta, jos vastustaja korotti heidän panostuksensa päälle, kun optimaalinen strategia luovutti vain 33 % ajasta (Saulo Costa 2024). Tulokset osoittavat Saulo Costan mukaan pokerin olevan vaikeaa. Tulokset ovat merkittäviä, sillä niiden mukaan jopa maailman parhaiden pelaajien strategiat ovat eksploitattavissa (Saulo Costa 2024). Peliteorian määritelmän mukaan joku voisi tutkia systemaattisesti näiden huippupelaajien virheitä ja kehittää vastastrategian, jolla voisi tehdä voittoa maailman parhaita pelaajia vastaan.

Tämän Pro Gradu -tutkielman tulokset ovat pienestä otoksesta huolimatta linjassa Saulo Costan tutkimusten kanssa, jonka mukaan huippupokerinpelaajat panostavat liian usein (eli ovat aggressiivisempia) kuin mikä olisi peliteoreettisesti optimaalista.

6 Johtopäätökset

Väittely parhaasta mahdollisesta lähestymistavasta pokeriin käy varmasti tulevaisuudessakin kiivaana. Eksploitatiiviselle strategialle sekä enemmän tasapainostrategiaan keskittyvälle strategialle löytyy järkeviä perusteluja. Pokerin korkeimmalla tasolla näyttää kuitenkin siltä, että pelaajat edelleen turvautuvat omaan intuitioonsa, vaikka peliteoriaoptimaaliset strategiat ovat vahvasti tulleet osaksi pokeristrategiaa. Ihmiset eivät ole koneita, eikä tunteiden tai päätöksenteon vinoutumien vaikutusta pokeripelaajien strategiaan tule väheksyä jatkossakaan.

Tutkittaessa kuinka hyvin pokeriammattilaiset noudattavat optimaalista pokeristrategiaa käytännössä, tutkimus tarjosi arvokkaita oivalluksia, vaikka mukana olikin odottamattomia tuloksia. Alkuperäinen oletus oli, että huippuammattilaiset noudattaisivat tiukasti optimipokeria. Tulokset kuitenkin paljastivat merkittävästi suuremman määrän poikkeamia, kuin mitä odotettiin. Tutkimusta pokeripelaajien suorituksista verrattuna peliteoriaan voidaan pitää uutena aluevaltauksena, sillä vastaavia tutkimuksia ei ole juuri tehty.

Tutkimus optimistrategioiden herkkyydestä havainnollistaa eksploitatiivisten sekä optimaalisten strategioiden synergiaa, ja sitä miten tietämys peliteoriasta on merkittävässä roolissa, kun pyritään hyödyntämään virheitä vastustajan strategiassa. Nämä löydökset edistävät ymmärrystä pokerin päätöksenteon monimutkaisuudesta, ja kannustaa poikkeamaan tasapainostrategiasta käytännön pelissä, kun ollaan varmoja vastustajan virheistä.

Tekoälyratkaisijoiden tulo pokerimarkkinoille aiheutti pelaajissa pelon siitä, että lyhyessä ajassa kaikki oppisivat pelaamaan virheetöntä pokeria, eikä rahanteko pokerissa olisi enää mahdollista lähitulevaisuudessa. Ensimmäisen tehokkaan tekoälyratkaisijan PioSolverin tulosta markkinoille on nyt kulunut kohta yhdeksän vuotta, ja pokerin

korkeimmalla tasolla tehdään edelleen paljon virheitä. Tietoa optimipokerin strategioista on saatavilla helposti, mutta informaatiota on niin paljon, että sen sisäistäminen on erittäin haastavaa. Strategiat ovat monissa tilanteissa myös intuition vastaisia. Logiikka, joka pätee yhdessä tilanteessa, saattaa toisessa tilanteessa aiheuttaa suuria peliteoreettisia virheitä. Pienistä rahasummista pelaavilla amatööreillä ei ole aikaa tai halua paneutua pokeristrategiaan tarpeeksi paljon, jotta he voisivat kuroa kiinni taitotaseroa ammattilaisiin nähden. On vaikea nähdä pokerin ajautuvan lähitulevaisuudessa tilanteeseen, jossa pokerin yleinen taso olisi niin korkea, että pärjätäkseen olisi pakko pystyä pelaamaan lähes optimipokeria.

Tutkimusta voisi tulevaisuudessa edistää tutkimalla tarkemmin tilanteita, jossa ihmiset poikkeavat peliteoriasta. Tuloksien mukaan pelaajat olivat lähellä optimaalista strategiaa heidän passiivisten ja aggressiivisten valintojen suhteen sekoitetun strategian tilanteissa, mutta se ei vielä välttämättä tarkoita heidän pelaavan lähellä optimaalista strategiaa. Olisi mielenkiintoista syventyä siihen, ovatko ihmiset aggressiivisempia kuin tasapainostrategia pitäessään hyviä kortteja, ja passiivisempia pitäessään huonoja. Entä ovatko pelaajat hävittyjen pottien jälkeen aggressiivisempia? Myös kokonaiskuva siitä, ovatko mahdollisimman hyvin peliteoriaoptimaalista strategiaa noudattavat pelaajat pärjänneet turnauksissa paremmin kuin enemmän poikkeamia tehneet, kiinnostaisi. Tutkimusta voisi tulevaisuudessa laajentaa kattamaan pienemmän tason turnauksia, ja katsoa tehdäänkö niissä vielä enemmän poikkeamia. Tällä tavalla saataisiin näkemystä siihen, ovatko korkeimman tason pokeripelaajat parempia noudattamaan optimipokeria verrattuna matalamman tason pokeriammattilaisiin, vai tekevätkö he enemmän poikkeamia eli yrittävät eksplloitata vastustajan virheitä.

Tutkimusta voisi myös viedä muihin kilpailullisiin peleihin tai aloihin, jossa on peliteoreettinen optimistrategia tiedossa. Aikaisemmin tutkimuksia huippu-urheilusta on tehty esimerkiksi tenniksestä ja jalkapallon rangaistuspotkukilpailuista, mutta tutkimusta voisi viedä myös esimerkiksi analyysiin hinnoittelustrategioista kovan kilpailun ympäristössä. Kartellien hintojenmäärittelyssä olisi optimaalista sopia yhdessä

hinnoista, mutta olisi mielenkiintoista tutkia toteutuuko peliteoria käytännössä, reagoivatko kilpailijat niin kuin heidän kuuluisi hintojen muutoksiin ja kuinka nopeasti he huomaavat kilpailijoiden yritykset poiketa tasapainosta. Erilaiset neuvottelutilanteet olisivat hyvä ala tutkia ihmisten poikkeamia peliteoriaoptimista. Syitä optimaalisesta strategiasta poikkeamiseen neuvottelutilanteissa parantaisi kokonaiskuvaa siitä, miten ihminen toimii käytännössä verrattuna teoriaan. Pokeristrategia vaikuttaa olevan liian monimutkainen ihmisille toteutettavaksi.

Vuosikausia vallitsi näkemys, että pelaajien tulisi pyrkiä matkimaan ratkaisijoiden optimaalista strategia mahdollisimman hyvin. Nyt näyttää siltä, että ollaan yleisesti huomaamassa tuohon tavoitteeseen pääsemisen olevan lähes mahdotonta. Loppujen lopuksi tekoälyratkaisijat ovat vain laskimia, joiden avulla voidaan mallintaa optimaalista strategiaa tietynlaista vastustajaa vastaan. Turnauspokeria on hyvin monimutkaista mallintaa. Joskus on järkevämpää jättää positiivisen odotusarvon ratkaisu tekemättä odottaen parempia tilanteita tulevaisuudessa, eikä tekoälyratkaisijat osaa ottaa tätä huomioon. Peliteorian isähahmona pidetty John von Neumann käytti pokeria hyväksi selittäessään peliteorian pääkäsitteitä 80 vuotta sitten. Vaikuttaa siltä, ettei vieläkään pokeria voida ratkaista täydellisesti peliteorian opeilla. Tekoälyratkaisut ja mallinnukset varmasti paranevat teknologian kehityksen myötä, mutta ihmisten kyky toteuttaa itse pelipöydissä näin moniulotteista strategiaa lienee mahdotonta. Pokerin käteispeleissä ei ole tarvetta pohtia mahdollisia tulevaisuuden tilanteita pitkälle eteenpäin, sillä pelaajat voivat poistua pöydästä aina niin halutessaan. Saulo Costan tutkimuksesta käteispelien huippupelaajista paljastui kuitenkin, että hekin tekevät isoja poikkeamia optimaalisesta strategiasta. Pokeri kilpailullisena lajina tulee todennäköisesti kukoistamaan vielä pitkään, kunhan pokeripelien järjestäjät pystyvät estämään pelaajia hyödyntämästä tekoälyä reaaliajassa.

Lähteet

Aceveido, Michael (2019). Modern poker theory: Building an unbeatable strategy based on GTO principles. ISBN: 978 1 909457 89 8.

Brown, Noam & Sandholm, Tuomas (2017). Libratus: The Superhuman AI for No-Limit Poker. Proceedings of the Twenty-Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence. Available online: <https://www.ijcai.org/proceedings/2017/0772.pdf>

Brown, Noam & Sandholm, Tuomas (2019). Superhuman AI for multiplayer poker. Computer science, Research article. Science 365, p. 885-890. Available online: <https://www.cs.cmu.edu/~noamb/papers/19-Science-Superhuman.pdf>

Budescu V. David & Rapoport Annon (1992). Generation of Random Series in Two-Person Strictly competitive games. Journal of experimental psychology, vol 12, no.3. Pages: 352-363. Available online: <https://web-p-ebsohost-com.proxy.uwasa.fi/ehost/detail/detail?vid=3&sid=cc2c1b96-5d3c-4421-bd6b-83bea69d389a%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=1993-00320-001&db=pdh>

Chiappori, P. -A.; Levitt, S.; Groseclose, T. (2002). "[Testing Mixed-Strategy Equilibria when Players Are Heterogeneous: The Case of Penalty Kicks in Soccer](#)" (PDF). American Economic Review. 92 (4): 1138. [CiteSeerX 10.1.1.178.1646](#). [doi:10.1257/00028280260344678](#).

Costa, Saulo (2023). Is poker about to die? Youtube-video julkaistu 15. Elokuuta 2013. Saatavilla internetistä: <https://www.youtube.com/watch?v=xPUv1BYJ2xw>

Costa, Saulo (2024). Poker made Simple newsletter. Are Nosebleed Players GTO? 29.1.2024. Newsletter #7. Available online: <https://saulocosta.poker/>

Customer Market Insights (2022). Global Online Poker Market 2024-2033.

<https://www.custommarketinsights.com/report/online-poker-market/>

The Daily Guardian, April 3, 2023. Understanding the Current State of Online Poker Laws and Regulations. Available online: <https://theguardian.com/understanding-the-current-state-of-online-poker-laws-and-regulations/>

Durant, Robert B., Patterson, Fernando M. & Shank, Corey A. (2021). Behavioral biases in the NFL gambling market: Overreaction to news and the recency bias. Journal of behavioral and experimental finance. Vol 31 2021. Available online: [https://www-sciencedirect-com.proxy.uwasa.fi/science/article/pii/S2214635021000666](https://www.sciencedirect.com.proxy.uwasa.fi/science/article/pii/S2214635021000666)

Eil, David & Lien, Jaimie W (2014). Staying ahead and getting even: Risk attitudes of experienced poker players. Games and Economic behavior. Vol 87, pages: 50-69.

Available online: [https://www-sciencedirect-com.proxy.uwasa.fi/science/article/pii/S0899825614000797?ref=cra_js_challenge&fr=RR-1](https://www.sciencedirect-com.proxy.uwasa.fi/science/article/pii/S0899825614000797?ref=cra_js_challenge&fr=RR-1)

GTOWizard blog (2022). MDF & Alpha. Available online:

<https://blog.gtowizard.com/mdf-alpha/>

History of Texas Hold'em. Visit BlackHawk.

<https://visitblackhawk.org/blog/history-of-texas-hold-em/>

ICMIZER (2022) Poker ICM 101. What is ICM poker? Available online:

<https://www.icmizer.com/en/blog/poker-icm-101-what-is-icm-poker/>

Kjeldsen, Tinne Hoff (2001). John Von Neumann's conception of the Minimax Theorem: A journey through different mathematical contexts. Archive for History of Exact

Sciences. 56, (2001) p. 39-68. Springer. Available online:

<https://web.math.ucsb.edu/~crandall/math201b/vnminimax.pdf>

Lepistö, Sami (2020). Digitalisaation vaikutus pokerissa. Opinnäyte työ. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Saatavilla internetissä:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/339065/Lepist%F6_Sami.pdf;jsessionid=CBFC18C12EFAFAF4BFF44C3ECAAF582BA?sequence=3

Nandini, C., S. Kumar and R. Laasya. (2019). AI Poker Agent based on Game Theory. 2019 1st International Conference on Advanced Technologies in Intelligent Control, Environment, Computing & Communication Engineering (ICATIECE), Bangalore, India, 2019, pp. 201-204, [https://ieeexplore-ieee-](https://ieeexplore-ieee-org.proxy.uwasa.fi/document/9063819/metrics#metrics)

[org.proxy.uwasa.fi/document/9063819/metrics#metrics](https://ieeexplore-ieee-org.proxy.uwasa.fi/document/9063819/metrics#metrics)

Natural8 (2023). Future of Online poker. Available online:

<https://www.natural8.com/en/blog/the-future-of-online-poker>

Osborne, M. J., & Rubinstein, A. (1994). A Course in game theory. Cambridge, MIT Press. Available on Google Scholar.

Pinker, S. (2021). Rationality: What it is, Why it seems scarce, Why it matters. Penguin Random House UK. ISBN: 978-9-141-98986-0.

Pokercode (2022). GTO Poker 101. Master Game Theory Optimal Implications.

<https://www.pokercode.com/blog/gto-poker>

Pokernews. 10 years after Black Friday: where Poker's been and where it's going. April 16, 2021. <https://www.pokernews.com/news/2021/04/10-years-after-poker-black-friday-38989.htm>

Pokernews. 38 hours of Turmoil as unregulated poker site backtracks on \$100k Bot challenge. January 10, 2024.

<https://www.pokernews.com/news/2024/01/38-hours-of-turmoil-as-unregulated-poker-site-backtracks-45209.htm>

Pokerstars Head of Game Integrity says: "Trust is everything".

<https://www.pokernews.com/news/2024/01/pokerstars-head-of-game-integrity-says-trust-is-everything-45202.htm>

Qingzhong, Ma, Zhang, Wei Athena and Whidbee, David A. (2014). Recency bias and Post-Earnings announcement drift. July 19, 2014. Available at SSRN:

https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2469308

Schaeffer Jonathan, Burch Neil, Björnsson Yngvi, Kishimoto Akihiro, Muller Martin, Lake Robert, Lu Paul, Sutphen Steve. (2007). Checkers is Solved. Department of Computing Science, University of Alberta, Edmonton. Published online 19 July 2007, Available online: https://www.researchgate.net/publication/231216842_Checkers_Is_Solved

Seale A. Darryl & Phelan E. Steven (2010). Bluffing and betting behavior in a simplified poker game. Journal of behavioral decision making. Vol 23, p: 335-352. Wiley online library. Available online: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bdm.658>

Shachat, Jason & Swarthout Todd (2004). Do we detect and exploit mixed strategy play by opponents? Mathematical methods of operations research. Vol 59, pages: 359-373. SpringerLink. Available online:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s001860400354>

Simon, Herbert Alexander (1956). Rational choice and the structure of the environment. Psychological Review, 63(2), 129-138. Available online: <https://web-p-ebscohost-com.proxy.uwasa.fi/ehost/detail/detail?vid=4&sid=4626e2b1-ba3c-4935->

[96c9-a906156ea3f9%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=1957-01985-001&db=pdh](https://doi.org/10.1287/mnsc.36.6.643)

Thaler, Richard H & Johnson, Eric J. (1990). Gambling with the House Money and Trying to Break Even: The Effects of Prior Outcomes on Risky Choices.

<https://doi.org/10.1287/mnsc.36.6.643>

Tubbs Richard M., Messier, Jr., William F. & Knechel Robert W. (1990). Recency effects in the auditor's Belief-revision process. *The Accounting Review*, vol. 65, No. 2 (April 1990). pages: 452-460. Available online: <https://www.jstor.org/stable/247633>

TylerRM 2014: Botfarm won \$10 million on WPN. Postaus Two plus Two forumeilla 3.1.2024. <https://forumserver.twoplustwo.com/29/news-views-gossip/botfarm-won-10-million-wpn-1830157/> . Viitattu 30.1.2024

The Verge (23.5.2017). Google's AlphaGo AI defeats world go number one Ke Jie.

Available online: <https://www.theverge.com/2017/5/23/15679110/go-alphago-ke-jie-match-google-deepmind-ai-2017>

Walker Mark & Wooders John (2001). Minimax Play at Wimbledon. *The American Economic Review*, December 2001, Vol. 91, No. 5. p. 1521-1538. Available online:

<https://jstor.org/stable/2677937>

Wood, Richard T.A & Griffiths, Mark D. (2008). Why Swedish people play online poker and factors that can increase or decrease trust in poker web sites: A qualitative investigation. *Journal of Gambling issues* (21), p. 80-97. Available online:

https://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/22650/1/200183_6573%20Griffiths%20Publisher.pdf

Zion market research. Online poker market: Booming trends and opportunities on a

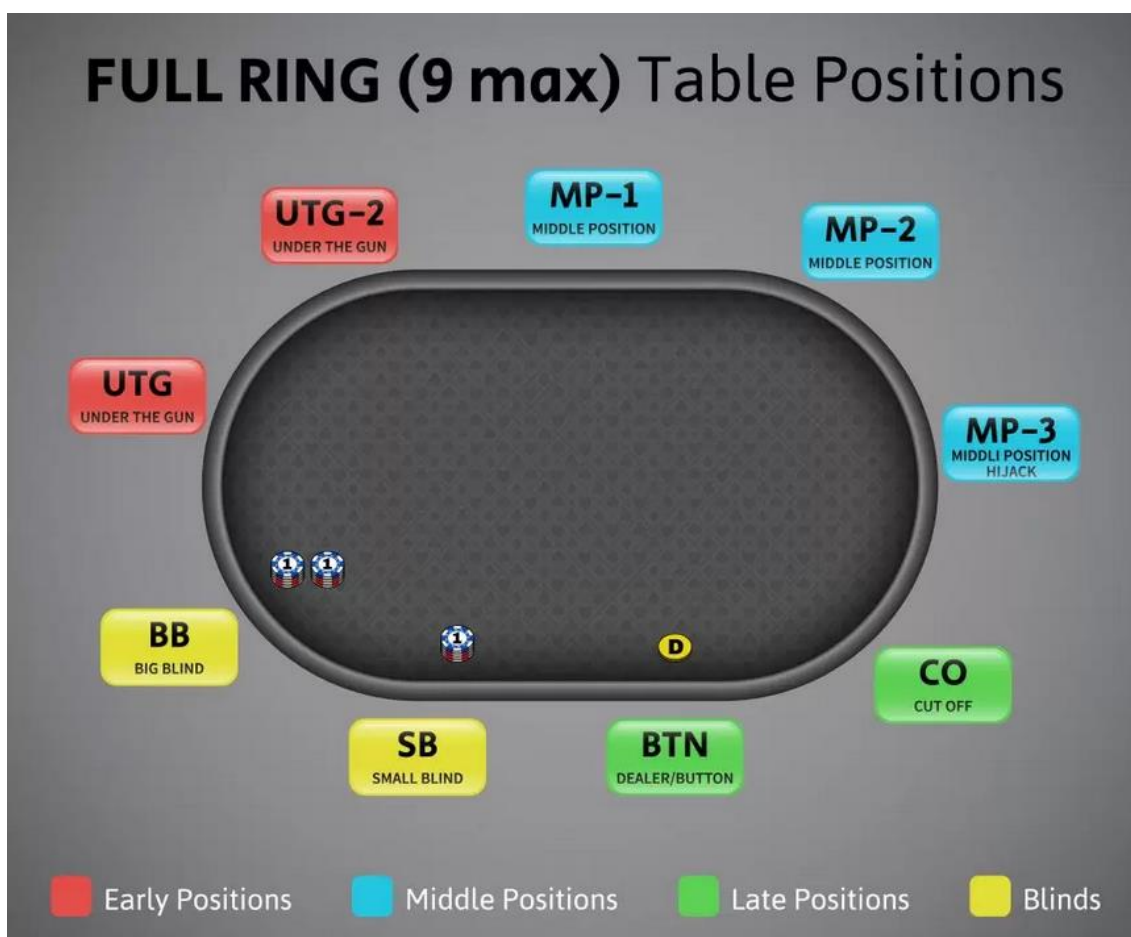
global digital gaming platform. Published March 27, 2023. Available online:

<https://www.linkedin.com/pulse/online-poker-market-booming-trends-opportunities>

Liitteet

Liite 1. Texas Hold'em pokerin säännöt ja pelinkulku

Texas Hold'emia pelataan perinteisellä korttipakalla, joka sisältää 52 korttia. Peliä pelataan 2–9 pelaajan pöydissä, joko käteispelimuodossa tai turnauksissa. Käteispeleissä jokainen pelaaja ostaa sisään pelimerkkejä itse halutun määrän, yleensä 20–100 ison sokkopanoksen verran ja pöydästä saa poistua milloin kukin haluaa. Turnauksissa tiettyä rahasummaa vasten saa ennalta sovitun määrän pelimerkkejä ja pelaajat pelaavat pelimerkkinsä loppuun, kunnes voittaja on selvillä. Alla on esitelty tutkielman tekijän oma kuvaus pokeripelin kulusta sääntöineen.



Kuva 13. Pokeripöydän kuvaus (kuvakaappaus osoitteesta:

<https://www.mpl.live/blog/understanding-the-importance-of-the-table-positions-in-poker/>)

1. Ennen jokaista peliä, kaksi pelaajaa jakajan (kuvassa BTN, D merkki) asettavat pakolliset sokkopanokset, iso blindi (BB) on kaksi kertaa pienen blindin (SB) kokoinen. Jakajan positio kiertää pöydässä myötäpäivään siirtyen jokaisen käden jälkeen.
2. Pelaajille jaetaan kaksi korttia kuvapuoli alaspäin, joita ei paljasteta muille pelaajille. Mahdollisia aloituskäsikombinaatioita on 1 326.
3. Ensimmäinen panostuskierrös tapahtuu ennen yhteisten korttien jakoa, panostuskierrös alkaa sokkopanosten vasemmalta puolelta (UTG pelaajalta).
4. Pelaajat voivat joko maksaa ison sokkopanostuksen verran, luovuttaa tai korottaa minkä tahansa määrän, mutta vähintään kahden sokkopanoksen verran. Pelivuoro vasemmalta oikealla. Myöhempien pelaajien pitää aina maksaa vähintään korkeimman sen hetkisen panostuksen verran jatkaakseen kädessä tai he voivat korottaa päälle.
5. Tämän jälkeen pöytään tulee keskelle kaikille käytettäväksi kolme korttia samanaikaisesti, jota kutsutaan nimellä flop. Seuraa uusi panostuskierrös jakajan vasemmalta puolelta alkaen. Pelaajat voivat sököttää eli jättää panostamatta, jolloin vuoro siirtyy seuraavalle pelaajalle. Sököttää voi vain, jos kukaan pelaaja ei ole panostanut, muuten pelaajilla on vaihtoehtoina maksaa, luovuttaa tai korottaa panostusta.
6. Flopin panostuskierröksen päätyttyä tulee neljäs yhteisökortti nimeltään turn, jota seuraa flopin kaltainen panostuskierrös.
7. Turnin panostuskierröksen jälkeen tulee vielä viides ja viimeinen yhteisökortti river, jota seuraa samanlainen panostuskierrös. Tämän jälkeen, jos mukana on useampi kuin yksi pelaaja, pelaajat paljastavat korttinsa, ja paras viiden kortin yhdistelmä voittaa potin. Potin voi voittaa itselleen aikaisemmin kaikkien muiden luovuttaessa. Pelaajat voivat parhaan viiden kortin yhdistelmässä käyttää joko yhtä tai molempia omista korteistaan tai kaikkia yhteisökortteja.

Käsien paremmuusjärjestys:

1. Paras mahdollinen käsi pokerissa on värisuora, jossa on viisi peräkkäistä korttia samaa maata. Kahden värisuoran tapauksessa se värisuora, jossa korkein kortti on suurempi, voittaa. Esimerkiksi 7, 8, 10, J, Q, K, joista jokainen on pataa.
2. Neloset ovat toiseksi vahvin käsi eli neljä samanarvoista korttia, kuten A, A, A, A, 8. Ässä on korkein kortti, joka voidaan kuvitella arvona 14 (tai 1). Kuningas 13, kuningatar 12, jätkä 11, 10, 9, 8, 7, 6, 4, 3 ja 2.
3. Täyskäsi sisältää kolme samanarvoista korttia sekä 2 muuta keskenään samanarvoista korttia. Esimerkiksi Q, Q, Q, 2, 2. Kolme kuningatarta ja kaksi kolmosta voittaa kolme kuningatarta ja kaksi kakkoista. Kolme kuningatarta ja kaksi kakkoista voittaa täyskäden, jossa on kolme viitosta ja kaksi kuningasta.
4. Viisi samaa maata olevaa korttia, jotka eivät ole peräkkäisiä eli väri on seuraavaksi vahvin käsi. Maat ovat samanarvoisia keskenään, mutta taas korkein kortti määrittää voittajan.
5. Suorassa on viisi korttia peräkkäin, jotka eivät ole kaikki samaa maata keskenään.
6. Suora on vahvempi kuin kolmoset eli kolme samanarvoista korttia ja kaksi muuta korttia, jotka eivät ole keskenään samoja, esimerkiksi 7, 7, 7, 6, 5.
7. Kaksi paria on seuraavana käsivahvuusjärjestyksessä. A, A, 8, 8, 5 on vahvempi kuin K, K, Q, Q, 5, korkeimman parin arvo on prioriteetti useamman kahden parin ollessa vastakkain.
8. Yksi pari, jossa on kaksi samanarvoista korttia ja kolme toisiinsa liittymättömiä kortteja esimerkiksi K, K, 8, 5, 3.
9. Hai on huonoin käsi, jossa korkein kortti määrää voittajan, esimerkiksi A, K, Q, 5, 2 voittaa käden A, K, J, 8, 9.