

**Artificiell intelligens i skjutspel: En analys av
bottarna i Counter-Strike: Global Offensive**

av Janina Heikkala

våren 2022

Abstrakt

I moderna datorspel spelar bottar en stor roll i ifall spelet är en hit på spelmarknaden eller inte. Bottar byggs upp med hjälp av artificiell intelligens och maskininlärning. I de flesta spel hårdkodar man in parametrarna för bottarnas funktioner. Forskare har experimenterat mycket med hur maskininlärning kan påverka en bot. Hårdkodning av parametrar är tidskrävande och leder oftast inte till bra resultat. Implementering av maskininlärningsalgoritmer är dyrare och mer komplext i början, men lönar sig i längden. En hårdkodad bot är förutsägbar och kör på samma strategi hela tiden. En bot som har blivit justerad av maskininlärningsalgoritm spelar mer människolikt och använder sig av svårare strategier. Den här avhandlingen kommer att handla om bottar i skjutspelet Counter-Strike: Global Offensive; hur de fungerar och hur man kan förbättra dem.

Innehåll

1	Inledning	2
2	Counter-Strike	2
2.1	Bottarna i Counter-Strike	5
2.1.1	Problematik	6
3	Artificiell intelligens	7
3.1	Artificiella intelligensens påverkan på spel	8
3.2	Fleragentsystem	9
3.3	Maskininlärning och neurala nätverk	9
4	Bottar i spel	10
4.1	Fuska i Counter-Strike med hjälp av bottar	10
5	Speltestning	11
5.1	Ett-mot-ett speltestning	11
5.2	Tävlingsinriktad speltestning	13
5.3	Förbättring av bottarna	18
6	Slutsats	20

1 Inledning

Counter-Strike: Global Offensive (CS:GO) är ett förstapersonsskjutare spel (FPS) som är bland de populäraste i sin genre i hela världen. Spelet, som är lanserat av Valve Corporation, är numera gratis och finns på Steam, som är en plattform som distribuerar spel i digital form till kunder. Att spelet är gratis orsakar problem med fuskare, mera om detta senare. Trots att Counter-Strike främst är ett spel för flera spelare (multiplayer spel) finns det även möjlighet att spela mot bottar. Botkulturen i CS började med att fans tillverkade egna bottar eftersom de i början av Counter-Strikes existens inte fanns färdiga bottar. Att hålla botten tillräckligt bra och oförutsägbara har länge varit ett problem i CS:GO. Har man spelat Counter-Strike länge kan man lätt förutsäga vad botten nästa drag kommer att vara. Antingen är botten nästan för bra eller för dålig, det finns inte riktigt en medelnivå på botten. Dessutom är deras beteende inte alls människospelarlikt. Forskare inom ämnet har försökt hitta på nya lösningar till problemet. Patel et al. [1] har använt sig av fictitious play, som kunde översättas som fiktivt spel. Cole, Louis och Miles [2] använder sig av en genetisk algoritm för att försöka förbättra botten. Båda två är maskininlärningsalgoritmer och har sina för- och nackdelar som kommer att förklaras senare i avhandlingen. Den här avhandlingen kommer med andra ord att handla om botten i skjutspelen Counter-Strike: Global Offensive; hur de fungerar och hur man kan förbättra dem.

2 Counter-Strike

Counter-Strike är en spelserie bestående av fyra spel. Counter-Strike, Counter-Strike: Condition Zero, Counter-Strike: Source och det nyaste i serien, Counter-Strike: Global Offensive (CS:GO) som lanserades år 2012. Den här avhandlingen kommer att fokusera mest på det nyaste spelet i serien. I Counter-Strike finns många olika spelvarianter. I dödsmatch slåss man ensam mot runt tjugo andra spelare och försöker få mest dödningar i servern under tio minuter. I alla andra spelvarianter är man uppdelade i lag. Lagen består av Antiterrorister (AT) och Terrorister (T). Terroristernas mål är att plantera bomben och sedan skydda att inte Antiterroristerna desarmerar den. Till Antiterroristernas jobb hör också att se till att inte Terroristerna hinner plantera bomben före runden tar slut på en av två bombsajter. En runda tar 2 minuter och 15 sekunder



Figur 1: de_dust2, karta i Counter-Strike: Global Offensive

plus 40 sekunder ifall bomben planteras. Ett lag kan också vinna genom att döda hela motståndarlaget. Den här spelvarianten heter tävlingsinriktat och är tillsammans med dödsmatch de två populäraste sätten att spela Counter-Strike.

Counter-Strike är ett av de mest realistiska förstapersonsskjutarna eftersom det inte krävs många skott för att döda en spelare. Det lättaste sättet att döda en motståndare är att skjuta dem i huvudet, eftersom spelaren tar mer skada av det. Därför lönar det sig alltid att hålla siktet på huvudnivå. Profsspelare som spelat spelet flera tiotusen timmar håller automatiskt siktet på huvudnivå, oberoende var och på vilken karta de är.

I CS är samarbete viktigt. Ett lag med fem medelbra spelare är bättre än ett lag med fyra dåliga och en profsspelare. Medelbra spelare vet bättre hur man samarbetar, de gör bättre beslut tillsammans. De använder sig av granater och bra attackerings- och försvarningstaktiker för att till slut vinna spelet. Risken med ett lag som inte samarbetar är att alla spelare själv gör vad de vill och berättar inte åt lagkamraterna vad de tänker göra eller vad de har upptäckt att motståndarna gör. Då kan inte lagkamraterna anpassa sig enligt lagkamraternas information.



Figur 2: En skärmbild på en bot som spelar Counter-Strike: Global Offensive

En viktig del av CS är ekonomin. Beroende på hur en runda går får man olika summor pengar. Man får också pengar för att döda motståndarlag. En full buy, vilket innebär att köpa kroppsrustning, en automatkarbin samt fyra stycken granater kostar för en terrorist kostar 4900 dollar och för en counter-terrorist kostar det 5900 dollar. Orsaken till varför det kostar mer som antiterrorist är för att deras vapen och granater är dyrare. Dessutom hör en desarmeringskit också till full buy, och den kostar 400 dollar.

I Tävlingsinriktade spel spelar varje lag 15 rundor på vardera sida. Första rundan på varje sida kallas pistolrundan eftersom spelarna endast har 800 dollar till förfogande. Med 800 dollar kan man endast köpa en bättre pistol eller rustning. Beroende på hur bra spelaren klarar sig under rundan får hen olika mängd pengar som kan användas nästa runda. Varje dödning ger en viss mängd pengar beroende på vilket vapen som användes. Plantering av bomben ger pengar samt beroende på ifall laget vinner eller förlorar får alla spelare i laget en viss summa pengar. Trots att spelarna får pengar efter varje runda används inte pengarna upp på varje runda. För att få ihop full buys krävs det att laget sparar pengar ibland ifall de förlorar mycket.

En spelare kan ha två vapen, primära och sekundära vapnet. Det primära vapnet kan vara ett maskingevär, kulsprutepistol, hagelgevär, automatkarbin eller ett prickskyttevapen. Vanligaste kategorin är automatkarbiner eller prickskyttevapen. Eftersom det inte finns ett enda vapen som är perfekt i varje situation köps dock vapen inom de

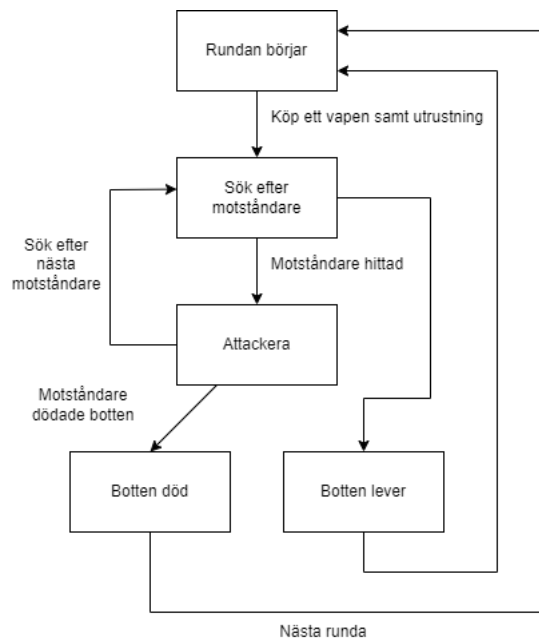
andra kategorierna också. Förutom primära vapen kan också sekundära vapen köpas. Sekundära vapen är alltid pistoler. Exempelvis som prickskytte lönar det sig att ha ett bra sekundärt vapen, eftersom det är svårt att träffa på nära håll med ett prickskyttegevär. Vice versa är det svårt att träffa med ett hagelgevär på långt håll, så då kan pistolen användas.

Förutom ekonomin är det viktigt för spelaren att lyssna noga på omgivningen. Ljudsignaler från andra spelare när de går, skjuter och kastar granater. Även när bomben är planterad gör den pipande ljud som går att höra från långa håll vilket hjälper spelaren lokalisera var bomben är planterad. Ljudet uppgör alltså en stor del av spelet, vilket betyder att en spelare inte kan klara sig utan bra hörlurar ifall hen vill bli proffs. Ljudaspektet i CS är unikt i jämförelse med andra förstapersonsskjutare. Det är unikt att ett FPS spel fokuserar lika mycket på ljudet som CS gör.

I både Deathmatch och Competitive kan man framkalla bottar. Det här gör man med spelets inbyggda kommandorad, var man också kan ändra på mycket av spelets inställningar. Man får själv välja bottens svårighetsgrad; lätt, normal, svår eller expert. De här bottarna har alltså olika färdighetsnivå beroende på vad spelaren väljer. Trots att expertbottarna heter som de gör är de ändå inte tillräckligt bra för att ge en erfaren spelare utmaning. Detta har lett till att folk har försökt koda sina egna bottar samt tillämpa sina egna algoritmer för att försöka förbättra de redan existerande bottarna med hjälp av bland annat maskininlärning. Bottarnas mål är att de ska spela så lika som en människa som möjligt, och inte ha en fuskares tendenser.

2.1 Bottarna i Counter-Strike

Bottarna i Counter-Strike byggs upp av helt vanliga funktioner som innehåller if/else satser i programmeringsspråket C++, som sedan bygger upp allting till en tillståndsmaskin. En tillståndsmaskin tar in olika indata som ställer maskinen i ett annat tillstånd beroende på indata. Alla olika tillstånd visar vilket tillstånd maskinen byter till beroende på indata. Botten följer tillståndsmaskinen i figur 3. Parametrarna i botten funktioner är hårdkodade av programmeraren och slutförda när programmet kompileras [2]. Parametrarna är inte heller beroende av varandra. Genom att ha flera parametrar blir botten mer komplex och mer realistisk, men följaktligen tar det länge att programmera bottarna när det finns mera parametrar att finjustera.



Figur 3: Tillståndsmaskin som visar hur en bot i Counter-Strike fungerar

```

if enemy_distance < 5:
    ATTACK_WITHKNIFE()
elif enemy_distance >= 5 and enemy_distance <= 30:
    SPRAY_WEAPON()
else :
    SINGLE_TAP()
  
```

Kod 1: Exempel på hur en bots kod (förenklad) kan se ut [2]

Kod 1 visar vad som finns in i figur 3:s block som heter "Attackera". I verkligheten ser koden mer komplicerad ut, men det här sättet att visualisera koden är lättare för den genomsnittliga läsaren att förstå.

2.1.1 Problematik

En bot vill, precis som en människospelare vinna matchen. Vilket innebär att en perfekt bot alltid skulle träffa motståndaren i huvudet och veta exakt var nästa motståndare är. För att hålla en så balanserad nivå på bottarna som möjligt krävs en del faktorer.

Botten får inte vara alltför svår och döda en motståndare med samma botten ser den, det vill säga likna en siktningsfuskare. Botten får inte heller ta alltför lång tid på sig att döda motståndaren, för då blir spelet för lätt. Ifall parametrarna för botten funktioner hårdkodas är botten förutsägbar, spelaren vet exakt vad botten kommer att göra näst och vilka taktiker en bot använder. Idealfallet skulle vara att parametrarna skulle justeras med en maskininlärningsalgoritm istället. Förutom att hårdkorning av parametrarna inte är bra, tar det också en hel del tid av programmeraren att experimentera och testa vilka värden parametrarna ska ha.

3 Artificiell intelligens

År 1956 introducerades begreppet artificiell intelligens (AI) av John McCarthy för första gången på Dartmouthkonferensen och efter det har det forskats mycket inom ämnet [3]. Artificiell intelligens påverkar nästan varje människas vardag. AI existerar i allt från ditt sociala media flöde för att hitta de mest intressanta inläggen till dig, till diagnostisering av sjukdomar hos människan. Definitionen av AI är konsten att skapa teknik som liknar människobeteende så bra som möjligt. Algoritmens prestanda blir bättre genom att försöka på en uppgift om och om igen. I till exempel fyra i rad skulle det här motsvara att datorn testat olika drag och ser med tiden vilket som är bäst. Det bästa draget sparas och ifall datorn någon gång är i samma situation vet den vilket drag är det bästa. Eftersom det är väldigt osannolikt att algoritmen är i exakt samma situation en gång till, behöver den kunna generalisera och identifiera liknande situationer. Detta kallas utantillinläring [4]. Ifall datorn tränas tillräckligt blir den så bra att den kan vinna mot även de bästa spelarna. Ett exempel på en algoritm som har vunnit flera gånger mot världsmästaren i sitt spel är AlphaGo, som lärde sig göra väldigt oförutsägbara drag i spelet Go. För en människa är det en helt annorlunda att spela mot en dator jämfört med mot en annan människa. Datorns drag är ibland sådana som en människa aldrig skulle göra. Därför är det utmanande för en människa att spela mot de bästa algoritmerna, spelaren vet inte vad den kan förvänta sig till näst. Oftast är algoritmerna till och med bättre än människan eftersom de baserar sig på statistik.

Med artificiell intelligens vill man fixa bristerna var människans kunskap och förmåga inte är tillräckligt bra. En maskin blir till exempel aldrig sjuk eller trött. Den kan fortsätta jobba i nästan oändlighet. Förutom det här är AI viktig inom medicinska

industrin, navigeringssystem och matematiska räkningar. Med hjälp av AI har forskare upptäckt ovanliga bieffekter av mediciner och räknat svåra matematiska ekvationer. Människor har även kunnat använda navigeringssystem för att hitta den kortaste och bästa rutten fram till deras destination [5].

3.1 Artificiella intelligensens påverkan på spel

I de flesta moderna spel finns artificiell intelligens inbyggt på något sätt, oftast i bottar. Trots att AI kan användas i de flesta spel på något sätt föredrar spelprogrammerare stridsorienterad AI framöver icke-stridsorienterad AI och analytisk och effektivitetsfokuserad AI. Stridsorienterad AI är lättare att jobba med, eftersom det inte krävs lika mycket kod till den. I de enklaste spelen, såsom de första som programmerades, till exempel Tetris finns ingen AI fastän det nog finns slumpmässiga faktorer som kanske kan tolkas som artificiell intelligens av den oerfarna. I Tetris bestämmer slumpfaktorn bland annat vilken av de sju bitarna som kommer näst.

Den allra första gången AI förekom i spel var 1979 i bland annat Pac-Man och Donkey Kong [6]. Pac-Man baserade sig på en tillståndsmaskin, som är en enkel AI metod som kommer förklaras senare i avhandlingen. I varenda korsning för spökena i spelet, alltså bottarna eller spelledarpersonerna (SLP), mot en slumpmässig riktning. Dock fanns det alltid en viss chans att spökena ska fara i attack-läge, då spöket börjar jaga spelaren. Artificiella intelligensen i de här spelen bestämde alltså hur spelledarpersonerna rörde sig och svarade också på vad spelaren gör. I det här skede hade man ännu inte utvecklat förmågan att spelledarpersonen förbättrades med tiden på basis av den upplevde, men det var ändå ett viktigt steg inom spelindustrins utveckling.

Schack, som började som ett bordsspel för över tusen år sedan, har såsom många andra bordsspel även gjorts till en online-version. Till skillnad från att spela schack ansikte mot ansikte då man måste ha en motståndare för att spela, kan man på online-versionen välja att spela mot datorn, som alltså är uppbyggd med artificiell intelligens. De bästa schackbottarna är till och med för proffsspelare svåra att vinna mot, eftersom bottarna har fördelen av att de baserar sina drag på statistik och människan på erfarenhet.

Den artificiella intelligensen inom spel ändrade inte mycket mellan år 1979 och mitten av 90-talet. På 90-talet började man marknadsföra spel på basis av att de innehåller AI. Dock var inte denna artificiella intelligens jämförbar med dagens teknik. I ett av de första spelen som marknadsförde AI, Beneath a Steel Sky, förekom AI endast i möjligheten

att gå framåt och tillbaka i tiden. Fansen blev besvikna. Andra populära spel från den tiden som inorporerade AI är The Sims (av Maxis Software Inc., 2000) och Warcraft (av Blizzard Entertainment, 1994), som båda är väldigt olika spel. I The Sims hade simarna egen vilja och kunde själv göra saker på grund av att deras hjärnor var baserade på neurala nätverk. Blizzard Entertainment lyckades i Warcraft laga en av de första och på den tiden bästa !väghittningsalgoritmerna!.

3.2 Fleragentsystem

I fleragentsystem (FAS) inlärning är det lättaste sättet att förbättra prestandan genom att fråga andra agenter i systemet om råd. Detta är bra eftersom det är väldigt ovanligt att två agenter befinner sig i exakt samma tillstånd. Med andra ord innebär fleragentsystem att alla bottar på samma lag samarbetar för att vinna scenariot. Trots att agenterna tar hjälp av varandra är de ändå autonoma och själviska. De vill klara av sina egna uppgifter först. Fleragentsystem är speciellt viktiga för komplexa program som behöver parallell användning av data för att hantera dess uppgifter [7].

För att utforska hur FAS kan påverka spel skapades Gamebots, som är ett fleragentsystem med infrastrukturen som härstammar från spelet Unreal Tournament [8]. Gamebots låter forskaren kontrollera bottar via klient-servernätverk och via dem föra in information åt såväl bottarna samt människor. Gamebots är unikt eftersom systemet tillåter människor och bottar spela samtidigt, vilket leder till intressanta resultat. Bottarna lär sig av människornas beteende och blir mer människolika på grund av det här. Gamebots bygger på ett eget programmeringsspråk, så forskare inom ämnet kan lätt laga sina egna fleragentsystem och fleragentmiljöer. I Counter-Strike används fleragentsystem ständigt, eftersom bottarna samarbetar med varandra så länge det finns mer än en bot vid liv.

3.3 Maskininlärning och neurala nätverk

Maskininlärning är en typ av artificiell intelligens som låter programvara förutsäga resultat istället för att resultatet färdigt hårkodas i programmet [9]. Algoritmen baserar sig på tidigare data för att uppskatta vad som kommer att ske. Förutom att maskininlärning används inom spelindustrin används det också inom detektion av virus och filtrering av skräppost.

Neurala nätverk i sin tur är flera algoritmer som är kopplade ihop [10]. Forskare blev inspirerade av människohjärnan när de skapade neurala nätverk. Precis som maskininlärning baserar sig neurala nätverk också på artificiell intelligens. Neurala nätverk anpassar sig till vad de får för indata och producerar det mest optimala utdatat. Neurala nätverk kan exempelvis vara byggda upp av flera maskininlärningsnätverk.

Ifall man kombinerar maskininlärning med neurala nätverk behöver det inte programmeras att ha specifika regler som bestämmer utdatat. Istället lär sig neurala nätverket genom att gå igenom mycket data som leder till att algoritmen lär sig det optimala resultatet. När neurala nätverket har processerat tillräckligt med data kan den börja generalisera nya indatan och producera utdata som är optimalt för ändamålet.

4 Bottar i spel

I nästan alla flerspelarspel existerar bottar som spelutvecklarna har försökt laga så lika som människospelare. I vissa spel lyckas de bättre, såsom i spelserien Borderlands, och i vissa sämre, såsom i Player Unknown Battlegrounds. Båda spelen är skjutspel. I Counter-Strike: Global Offensive (CS:GO) har bottarna varierande färdighetsnivå. Man kan välja ifall botten ska vara lätt, normal, svår eller expert. De lätta bottarna kan nästan vem som helst klara av medan expert bottarna är svåra till och med för de bästa spelarna, eftersom de börjar likna lite en spelare som fuskar. De här bottarna har spelkänsla som är svår att förutsäga, de vet ofta exakt varifrån motståndaren kommer och siktar automatiskt på huvudet.

4.1 Fuska i Counter-Strike med hjälp av bottar

Förutom att det finns bottar man kan spela mot finns det en del av spelkulturen var fans gör sina egna fuskbotar till spel. Förutom att det här förekommer i CS, finns det i de flesta andra flerspelarspel. I CS:GO använder fuskare bland annat siktningsbotar som automatiskt siktar och skjuter motståndaren i huvudet. I CS:GO används också wallhacks som hjälper spelaren se igenom väggar, samt kaninhoppningskript som gör att spelaren snabbare kan hoppa fram till olika ställen på kartan och överraska motståndaren. Eftersom CS numera är gratis, är det tyvärr vanligt att spela mot fuskarer. De här alla fusken finns att laddas ner på internet och de är lätta att hitta. Oftast när man använder något fusk blir man snabbt fast och blir bannlyst från spelet. Därför

är det vanligt att spelare gör egna bottar som inte är lika lätta att upptäcka.

En unik aspekt av CS:GO är att ifall en spelare bland annat har spelat tillräckligt många timmar och vunnit spel tillräckligt många gånger får de tillgång till en del av spelet som heter Overwatch. I Overwatch får spelaren själv se på klipp från andra CS:GO spelares spel som har blivit anmälda för fuskning och avgöra ifall spelaren i fråga fuskar. Ifall Overwatch användaren anser att spelaren i fråga fuskar, fyller användaren i ett formulär som kommer i slutet av klippet. Flera spelare kommer att se samma klipp, och enligt resultaten på allas formulär bestäms ifall spelaren döms till fusk blir spelaren bannlyst från spelet.

5 Speltestning

En speltestning gjordes för att analysera hur bottarna funkar i lag samt för sig själva. Speltestningen bekräftade en stor del av det som källorna påstår.

5.1 Ett-mot-ett speltestning

I speltestningen märktes en viss skillnad mellan bottarna i olika svårighetsgrad. Bottarna blev testade på en populär ett-mot-ett karta som är väldigt enkel för att minska på komplexitetsnivån på testet. En bot per lag framkallades, en på terroristsidan och en på antiterroristsidan. Bottarna spelade 30 rundor per svårighetsgradstest. I både T och AT startområdet finns vapen bottarna kan välja mellan. I startområdet finns också boxar som förhindrar bottarna att skjuta varandra genast när rundan börjar.

Som Figur 4 visar är det en viss skillnad på tiden hur länge en runda tar mellan de olika svårighetsgraderna på bottarna. Skillnaden märks mer i bottens prestanda. Medeltiden per runda för de olika svårighetsgraderna från lätt till expert är 9.57 s, 9.29 s, 15.36 s och 14.55 s. Tiden ökar alltså med svårighetsgraden. Orsaken till tidsökningen är att de lättare bottarna sökte genast när rundan började efter motståndaren. Det här är idealt i ett ett-mot-ett scenario men inte i en tävlingsinriktad match. De svårare motståndarna började rundan med att försöka hitta ett bra gömställe. I tävlingsinriktade matcher lönar det sig oftast att vänta med att attackera olika länge varje runda så att motståndaren inte vet när attacken kommer.

De lätta bottarna spelar överlag klumpigare än de svåra. De lätta bottarna springer genast ut och hoppar nästan aldrig. Ifall någon skjuter på dem är de förvirrade vari-

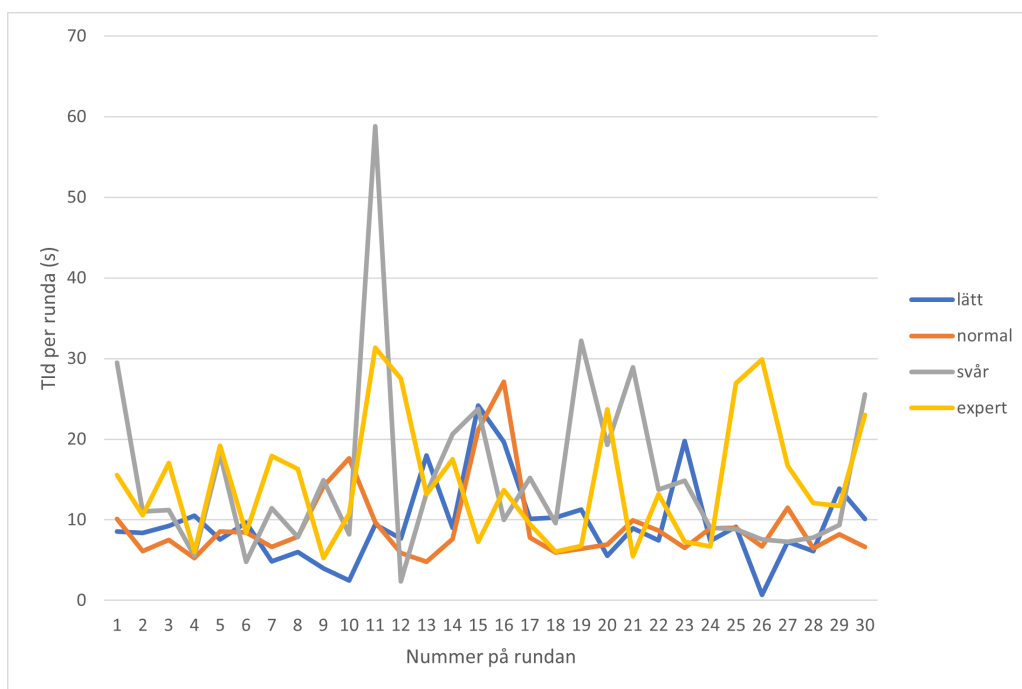
från skotten kommer och förväntar sig att motståndaren är någonstans var det är helt omöjligt att motståndaren är. Detta är visserligen på grund av att bottarna inte är tränade för ett-mot-ett kartor, så de vet inte var motståndarna brukar befinna sig. Ifall botten skulle spela på en officiell karta skulle kanske prestandan vara bättre.

De normala bottarna är lite bättre än de lätta bottarna. De normala bottarna använder sig av olika skjutningssätt beroende på hur långt borta motståndaren är, enligt kod 1. Ifall motståndaren är långt borta 'tap firear' botten eftersom den inte sprejskjuta. De normala bottarna laddar också när de är i skydd istället för att ladda mitt ute på spelfältet. De klarar också av att hoppa på objekt. Förutom detta träffar botten oftare motståndaren.

De svåra bottarna har lärt sig att smyga istället för att springa. När man smyger hör motståndaren inte fotstegen och det är lättare att överraska motståndaren. En intressant observation av de svåra bottarna är att under de första fyra rundorna höll de i kniven i början istället för ett vapen. Det här lönar sig under tävlingsinriktade matcher i början när man inte ser någon motståndare eftersom man springer snabbare med kniven än med ett vapen. Efter de första fyra rundorna har bottarna lärt sig att det inte lönar sig att ha kniven framme i början eftersom det på en ett-mot-ett karta finns risk att man ser motståndaren redan i början. Det skulle inte hända i en tävlingsinriktad match. De svåra bottarna 'strafear' som är en taktik man ser i lite mer erfarna spelares spel. Att strafea innebär att röra sig sidlänges mellan skotten så att det är svårare för motståndaren att träffa. De svåra bottarna byter också vapen istället för att ladda det ifall skotten tar slut. Ifall man laddar mitt i spelfältet är det stor risk att man dör.

Mellan de svåra och expert bottarna är det ingen märkbar skillnad. Expert bottarna dödade motståndaren lite snabbare än de svåra och de spelade aningen mer passivt. Antagligen skulle större skillnad synas ifall bottarna skulle vara i lag mot varandra, som testas senare i avhandlingen.

Överlag observerades att bottarna nästan alltid siktar och skjuter på motståndarens mage istället för huvudet som skulle göra mera skada. När bottarna siktar gör de väldigt onaturliga, hackiga rörelser med 'musen'. När en människa spelar är rörelserna mjukare och ser mer naturliga ut. När de lätta bottarna ser en motståndare börjar den med att föra hårkorsset runt motståndaren i några sekunder. Efter det här för botten hårkorsset på motståndarens mage och börjar skjuta. De lätta bottarna missar många skott som skjuts bredvid spelaren före de träffar och dödar spelaren. Det har inte heller någon

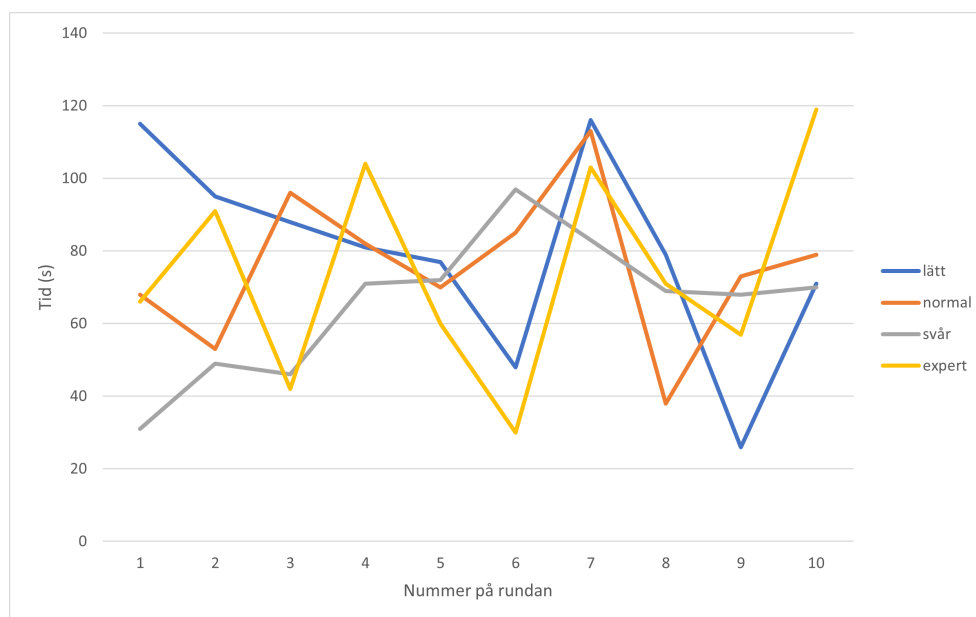


Figur 4: Grafen visar skillnaden mellan olika svårighetsgrader på bottar och hur länge det tar för dem att slutföra en runda i ett ett-mot-ett scenario

skillnad var motståndaren står. Botten kommer alltid försöka skjuta motståndaren i magen. Även ifall motståndaren är bakom ett hinder så endast huvudet syns kommer botten försöka träffa motståndaren var dens mage borde vara vilket resulterar i att botten skjuter på skyddet. Om man vet det här är det lätt att anpassa sig och vinna mot botten.

5.2 Tävlingsinriktad speltestning

En speltestning gjordes också på bottar som spelar i lag. Bottarna testades på de_dust2, som är en karta som används bland normalt, tävlingsinriktat spel. De_dust2 syns på figur 1. På kartan finns, precis som på de mest populära tävlingsinriktade kartorna två bombsajter samt antiterrorist och terrorist start. På varje lag fanns fem bottar. Målet med denna testning var att se ifall bottarna beter sig annorlunda när de jobbar tillsammans från hur de beter sig ensamma. Precis som i ett-mot-ett testningen testades bottarna på alla svårighetsgrader: enkel, normal, svår och expert. Varje runda fick maximalt ta 2 minuter och 15 sekunder, precis som i tävlingsinriktade spel. Bottarna kan

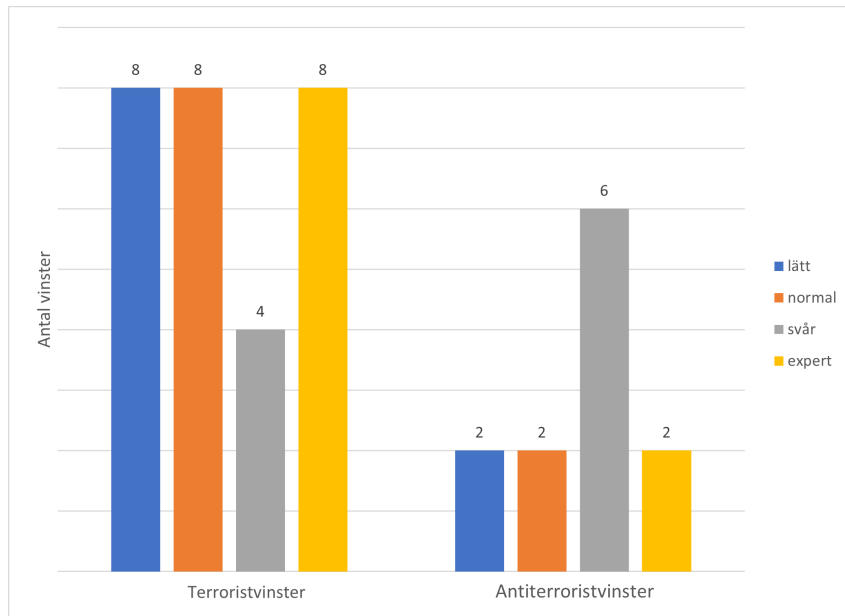


Figur 5: Grafen visar skillnaden mellan olika svårighetsgrader på bottar och hur länge det tar för dem att slutföra en runda i ett fem-mot-fem scenario

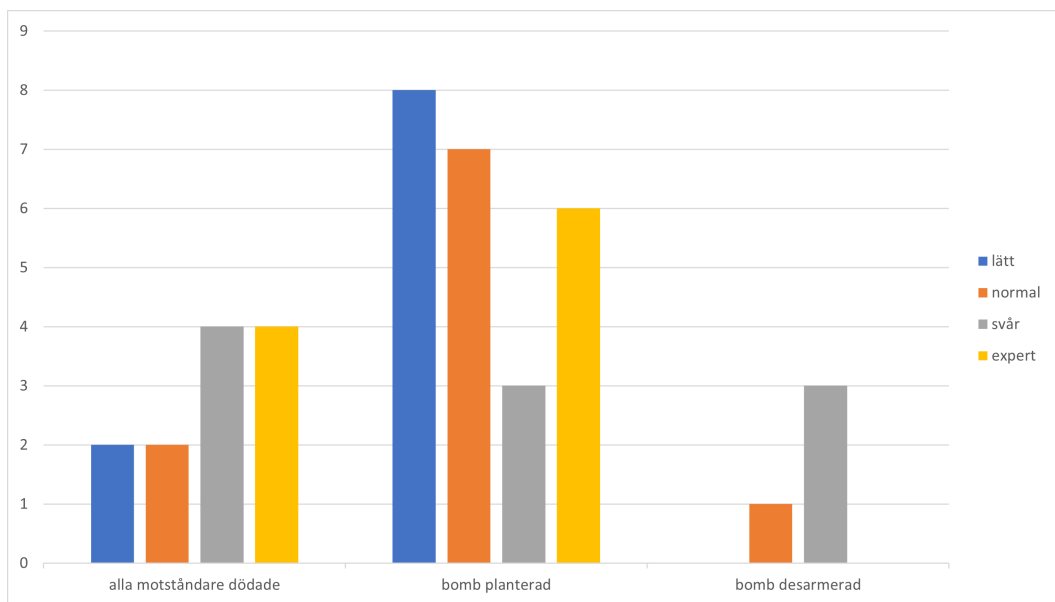
köpa vilka vapen samt utrustning som helst. I varje svårighetsgrad spelades 10 rundor.

Precis som i ett-mot-ett testningen mättes tiden det tar för en runda att ta slut. Figur 5 illustrerar skillnaden mellan de olika svårighetsgraderna och hur länge en runda tar i sekunder. Medelvärdena från lätt till expert är 79.6 s, 75.7 s, 65.6 s, 74.3 s. Vi kan observera att den största skillnaden är på bottarna med svårighetsgraden svår. Sambandet mellan vilket lag som vinner kan också dras till hur länge en runda tar. På figur 6 visas att antiterroristerna vann oftare när bottarna var av svårighetsgraden svår. Vid resten av svårighetsgraderna vann terroristerna lika många gånger på varje svårighetsgrad. Orsaken till att antiterroristerna vann oftare som svåra var att de var bättre på att ta över en bombsajt efter att bomben hade blivit planterad av terroristerna för att slutligen desarmera bomben och vinna rundan. Överlag var det en utmaning för antiterroristbottarna att desarmera bomben när den hade blivit planterad av terroristbottarna.

I allmänhet samarbetade bottarna helt okej med varandra. Många av observationerna som gjordes i ett-mot-ett testningen gjordes också i den här testningen. Bottarna är bristfälliga och skulle lätt kunna förbättras. Exempelvis är bottarna mycket dåliga på att uppskatta i vilken bombsajt bomben är planterad. En människospelare skulle höra



Figur 6: Grafen visar skillnaden mellan olika svårighetsgrader på bottar och hur länge det tar för dem att slutföra en runda i ett fem-mot-fem scenario



Figur 7: Grafen visar sättet hur bottarna vann en runda

mycket tidigare när den närmar sig en bombsajt att bomben inte är planterad där. Botten går ända fram till sajten och vänder sedan om till den andra. En människospelare skulle också kunna använda intuitionen för att gissa var bomben är planterad, medan botten verkade gissa blint till vilken bombsajt de går.

Bottarna verkade rotera mellan tre olika vapen och hade alltid preferenser till vilket vapen de köper. Patel et al. [1] påstår att botten har en preferens till vilka vapen de köper. Ifall botten skulle köpa samma vapen varje runda skulle det vara lättare att spela runt botten. I speltestningen bekräftades det här. Bottarna roterade mellan att köpa tre olika vapen. Det verkar också finnas en allmän preferens till vissa vapen. Exempelvis köper botten oftare automatkarbinen AK-47 än kulsprutepistolen PP-bizon, som är ett mycket sämre vapen än AK-47. En intressant observation är att botten köpte aldrig en bättre pistol eller rustning på pistolrundan, som rekommenderas till människospelare. Bottarna köpte inte heller fyra typer av granater fast de hade råd. Oftast köptes bara en och den användes inte på det mest ändamålsenliga sättet.

En stor del av en spelares färdighet uppgörs av förmågan att använda granater. Med rökgranater kan terroristerna exempelvis täcka gångar när de har planterat bomben och med en molotovgranat kan spelaren tvinga bort motståndaren från sitt skydd. Sättet som botten använde sina granater på verkade inte rimligt. Botten kunde springa ut till ett område var det med nästan hundra procent säkerhet fanns motståndare och vilt kasta sin granat dit, och ibland kastade de granaterna mot fel håll, var det för en människospelare med nästan hel säkerhet inte finns motståndare.

En stor orsak till varför en bot dör är för att den inte är beredd på en strid. Exempelvis håller botten i en granat eller motsvarande och hinner inte ta fram vapnet i tid, eller så har vapnets skott tagit slut och måste laddas. Det sistnämnda förekommer dock oftare bland de lättare botten. Till skillnad från människospelare är botten heller inte bra på att uppskatta varifrån motståndaren kommer, samt höra deras fotsteg. Därför händer det ofta att motståndaren överraskar botten exempelvis bakifrån. En erfaren människospelare kommer alltid att ha bättre spelsinne.

Överlag uppvisade botten en del förmågor som även människospelare har. Ifall terroristlaget hade tappat bomben någonstans på kartan och den var i antiterroristernas kontroll lämnade antiterroristerna och vaktade bomben istället för att springa och söka efter motståndare. Det här är bra eftersom det är mycket större chans för en terrorist att vinna rundan ifall de får kontroll över bomben och planterar den. Vice versa vaktar

terroristerna bomben ifall de har planterat den på en bombsajt så att inte antiterroristerna kan komma och desarmera den. Även ifall antiterroristerna får syn på bomben någonstans på kartan meddelas det vidare till resten av laget och laget roterar mot var bomben befinner sig.

Förbättringar skulle kunna ske i antiterroristernas strategi. Ibland far de alla till samma bombsajt när det ideala skulle vara att en är i mitten av kartan och två på vardera sajt. Ifall alla far till samma sajt skyndar de vilket lämnar en eller båda bombsajterna tomma för en terroristattack. En strategi som syns ofta i riktiga spel är att hela terroristlaget far till samma ställe och bomben far sist. Bottarna försökte sig på den här strategin men nästan varje gång gick bombbäraren först vilket ledde till att den dog och bomben tappades utom räckhåll för resten av terroristerna vilket i sin tur ledde till att antiterroristerna vann.

Den största skillnaden mellan de olika svårighetsgraderna på bottarna märktes på deras strategier och på sättet de spelade. De lätta terroristbottarna skyndade alltid till en bombsajt istället för att vänta och vara mindre förutsägbara. När terroristerna skulle plantera bomben tittade de inte noga runt omkring ifall det ännu fanns antiterrorister nära dem vilket ofta ledde till att terroristen med bomben dog före den hann plantera den. Trots det lyckades de lätta terroristbottarna oftast plantera bomben och låta den spränga som kan ses på figur 7. När de lätta antiterroristbottarna märker att bomben har blivit planterad ger de upp på att vinna matchen. De rör sig sakta mot bomben vilket betyder att det är nästan omöjligt att hinna desarmera den.

Precis som vid ett-mot-ett speltestningen var det inte stor skillnad mellan de lätta och normala bottarna. Förutom att de dödar sina motståndare snabbare och är bättre på att pricka spelar de mer som ett lag istället för att alla spelar enskilt. De normala Antiterroristbottarna försöker ta över en bombsajt var bomben är planterad för att desarmera bomben.

De svåra bottarna i fem-mot-fem speltestningen började, precis som i ett-mot-ett testningen att 'strafea', som gör det svårare för motståndaren att träffa. Största skillnaden mellan de normala och de svåra bottarna var att antiterroristbottarna är mycket bättre på att ta över en bombsajt, som också kan ses i figur 7. Varje gång terroristlaget lyckades plantera bomben blev den desarmerad av antiterroristlaget. När antiterroristerna skulle återta bombsajten samarbetade de genom att alla bottar såg mot olika håll, och när en antiterrorist desarmerar bomben vaktar resten av antiterroristlaget

desarmeraren så att ingen terrorist skjuter den.

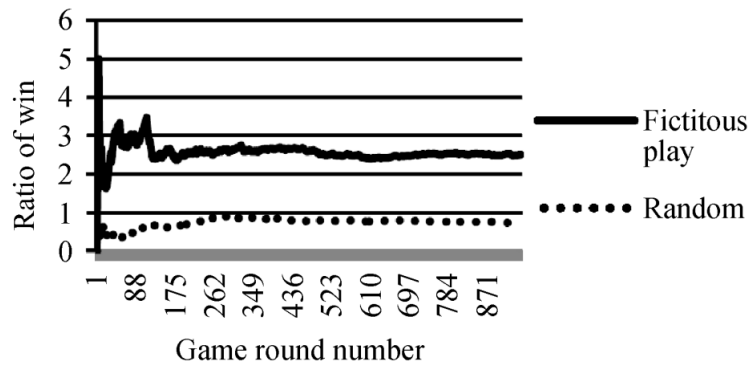
När bottarna var av svårighetsgraden expert skedde stora förändringar. Spelet liknade till stor grad ett spel med människospelare av färdighetsnivån Gold Nova, som är i mitten av färdighetsskalan och den mest vanliga färdighetsnivån. Förvånande var att antiterroristbottarna går tillbaka till sina gamla vanor från de lätta och normala bottarna på expertnivån. Antiterroristerna är inte längre lika försiktiga som de var när de var av svårighetsgraden svår. De skyndar ofta mot olika håll på kartan i grupp vilket lämnar bombsajter tomma för terroristernas attacker. Trots detta var skillnaden stor överlag mellan de lätta bottarnas spel och expertbottarnas spel. Som förväntat samarbetade bottarna bättre och terroristerna hade bättre attackstrategier.

5.3 Förbättring av bottarna

Forskare har kommit fram till olika lösningar för att förbättra bottarna i Counter Strike: Global Offensive. För att göra bottarna mer människolika krävs maskininlärningsalgoritmer som med tiden lär sig mer och mer om vilka parametrar som ska justeras. Genast programmeraren implementerar en maskininlärningsalgoritm i koden blir koden mer komplex, den blir dyrare att hantera samt oförutsägbar. Genom att använda maskininläring får artificiella intelligensen möjlighet att använda övervakad inläring, oövervakad inläring och förstärkningsinläring [1]. Ifall en parameter, till exempel vilken typ av vapen botten föredrar, hålls samma hela tiden är det lättare för en motståndare att anpassa sin egen taktik, och lättare vinna över botten. Ifall botten själv också lär sig att anpassa sig till motståndaren blir det genast ett mer utmanande spel.

Trots att idealfallet skulle vara att botten skulle spela exakt som en människospelare är det inte möjligt i dagens läge. En människospelare har följande fyra fördelar över en bot. En människospelare har bättre instinkter över hur den ska överleva, den känner till omgivningen och spelkartan bättre, bättre insikt i var motståndare finns samt den är bättre på att samarbeta med resten av laget [1]. Det går visserligen att komma nära människospelarprestandan, men det krävs mycket mer forskning för att nå den nivån.

Det är betydligt lättare att fokusera på endast en bot med maskininlärningsalgoritmen än flera samtidigt. Ifall man fokuserar på hela laget måste fleragentsystemstekniker beaktas. Trots att det krävs mer tid och pengar skulle detta vara önskvärt för att laga den bästa botten. Patel et al. [1] har endast fokuserat på en bot när de gjort sin forskning om hur fictitious play skulle förbättra en bot i CS.



Figur 8: Patel et al. resultat av hur fictitious play förbättrar en bot [1]

Fictitious play går ut på att en bot antar att motståndarna spelar strategi som inte kommer att ändras på. Fictitious play hör till kategorin evidensbaserade algoritmer. På basis av observationerna botten gör planeras botten framtida handlingar [1]. Genom att använda den här strategin blir botten genast mer oförutsägbara, de kör inte alltid på samma strategi. Detta ger illusionen att botten aktivt följer med spelets gång och anpassar sin strategi, såsom människospelare. Fictitious play är en av de enklaste och billigaste algoritmerna att implementera, och därför föredras den av många programmerare.

Patel et al. [1] testade att låta ett av lagen använda sig av fictitious play medan andra laget inte använde sig av någon extra algoritm. De märkte stor skillnad i prestandan och fictitious play laget vann rundorna betydligt oftare. I figur 7 illustrerar att när inga extra algoritmer användes var kvoten på antalet rundor som blev vunna var nästan 1:1, det vill säga oddsen att ett lag vann är cirka hälften. När ett av lagen använde sig av fictitious play blev oddsen att det laget vinner mycket högre, nämligen cirka 2.5:1. Det är alltså två och en halv gånger större chans att fictitious play laget vinner än icke-fictitious play laget. Vi kan också observera att under de första 200 spelen är resultaten varierande för både det första och det andra testet. Det tar cirka 200 spel före resultaten börjar stabilisera sig. Det här är på grund av att det tar en stund före algoritmen kommer igång och börjar fungera. Experimenten utfördes på en enklare karta än de riktiga CS:GO kartorna. Patel et al. drar slutsatsen att genom att använda fictitious play blir botten mer människolik och en spelare blir inte lika snabbt trött på att spela mot en sådan bot, eftersom botten spelar annorlunda varje spel.

Målet med fictitious play är att algoritmen ska nå nashjämvikt, vilket är att komma fram till det bästa svaret till motståndarens strategi. Det ska inte heller finnas någon orsak att avvika från nashjämvikt efter att den bästa strategin har valts. Bottarna ska alltså inte gynnas av att byta strategi från nashjämviktsläget. Ett spel kan ha allt från noll till flera nashjämviktar [11].

Genom att introducera förstärkningsinlärning, som är en maskininlärningsteknik, blir bottarna mer människolika. Bottarna lär sig lösa problem genom att anpassa sig till omgivningen och motståndarna och justerar sina parametrar på basis av observationerna. Förstärkningsinlärning, såsom fictitious play, använder sig inte av mycket kod vid implementering. Dessutom minskar tiden av justering av parametrarna märkvärdigt. McPartland och Gallagher [12] märkte att bottarna till och med utvecklade egna personligheter som i sin tur hade egna strategier, vilket gjorde bottarna mer oförutsägbara.

Ett sätt att förbättra bottarna är att låta dem observera redan spelade spel och bygga upp ett beslutsträd för att kunna utföra synkroniserade attacker, använda sig av kartan bättre samt använda sig av bättre strategier vid både attackeringsläge och försvaringsläge. Boumgarten, Colton och Morris [13] lyckades implementera sådana botar i spelet DEFCON.

6 Slutsats

Counter-Strike: Global Offensive är ett förstapersonskjutarspel som går ut på att vinna så många rundor som möjligt genom att antingen eliminera motståndarlaget, plantera bomben (terrorister) eller desarmera bomben (antiterrorister). Ett lag består av fem personer i det populäraste spelläget som heter tävlingsinriktat. Det är alltså fem anti-terrorister mot fem terrorister som spelar. Viktiga aspekter av spelet är skjutförmåga, användningen av granater samt ekonomin. Ifall en spelare har bemästrat alla tre anses spelaren vara en bra spelare.

De existerande bottarna i CS:GO byggs upp av if/else satser i programmeringsspråket C++. Satserna byggs sedan upp till tillståndsmaskiner. En tillståndsmaskin byter tillstånd beroende på vad den får för indata. Parametrarna i if/else satserna är hårdkodade av programmerare.

Bottarna i Counter-Strike: Global Offensive är på den sämre sidan jämfört med botar i andra spel. Idealfallet för en bot är att den skulle likna en människospelare som

möjligt, för det är i dagens läge omöjligt att laga en bot i ett skjutspel likadan som en människospelare. Risken blir att botten blir för bra och liknar en spelare som fuskar. Programmeraren måste hitta ett mellanläge mellan fuskarbottar och för lätta bottar.

Forskare inom ämnet har i sina försök att förbättra bottarna använt sig av maskininlärning och neurala nätverk. Patel et al. [1] har använt sig av fictitious play. Med hjälp av maskininlärningsalgoritmen förbättrades bottarna märkbart. Fictitious play gör att botten med tiden anpassar sig till hur motståndaren spelar samt omgivningen. Det tar i början längre att implementera en maskininlärningsalgoritm på bottarna men med tiden sparar programmeraren tid, eftersom hen inte behöver finjustera parametrarna själv.

Speltestningen visade att bottarna, i den svåraste svårighetsgraden expert, börjar likna människospelare på den sämre sidan av färdighetsnivåskalan. Bottarna kunde samarbeta, men var inte bra på det. Bottarna är överlag mycket sämre än människospelare att träffa och döda motståndare. De flesta människospelare vinner lätt över en bot, till och med ifall botten är av svårighetgrad expert.

I framtiden kan forskare fokusera på att utveckla bottarna genom att satsa mer på fleragentsystemsaspekten av bottarna. Forskningen som har gjort hittills inom bottar i CS:GO har fokuserat mest på singulära bottar, och inte samarbetet mellan bottarna. Utvecklarna av CS:GO skulle dra nytta av att utveckla bottarna mer, och det kräver dessutom inte mycket arbete av dem. Fans och forskare har redan lyckats bra med förbättring av bottarna. Trots att bottarna inte används mycket i CS:GO eftersom det är ett flerspelarspel förekommer de ibland ifall en människospelare på ett lag lämnar spelet. Spelaren byts ut mot en bot och då spelar laget i princip fyra mot fem eftersom botten är så dålig jämfört med människospelaren. Valve skulle helt säkert locka till sig flera spelare ifall bottarna skulle förbättras.

Källförteckning

- [1] U. Patel, P. Patel, H. Hexmoor och N. Carver, "Improving behavior of computer game bots using fictitious play," *International Journal of Automation and Computing*, årg. 9, april 2012.
- [2] N. Cole, S. Louis och C. Miles, "Using a genetic algorithm to tune first-person shooter bots," årg. 1, 139–145 Vol.1, 2004.

- [3] Z. Shi, *Advanced Artificial Intelligence*. World Scientific Publishing Company, 2011.
- [4] B. Copeland. "artificial intelligence." (2021), URL: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence/Methods-and-goals-in-AI> (hämtad 2022-02-26).
- [5] R. M. Neeru Gupta, *Artificial intelligence basics*. Dulles, Virginia ; Boston, Massachusetts ; New Delhi : Mercury Learning och Information, 2020.
- [6] J. D. Millington Ian ; Funge, *Artificial intelligence for games*. Boca Raton, FL : CRC Press cop., 2009, 2nd ed.
- [7] V. B. Vicente Julian, "Multi-Agent Systems," *Multi-Agent Systems*, april 2019.
- [8] R. Adobbati m. fl., "Gamebots: A 3d virtual world test-bed for multi-agent research," i *Proceedings of the second international workshop on Infrastructure for Agents, MAS, and Scalable MAS*, Montreal, Canada, vol. 5, 2001, s. 6.
- [9] E. Burns. "Machine Learning." (2021), URL: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/machine-learning-ML> (hämtad 2022-03-21).
- [10] E. Burns. "James Chen." (2021), URL: <https://www.investopedia.com/terms/n/neuralnetwork.asp> (hämtad 2022-03-21).
- [11] J. Chen. "Nash Equilibrium." (2021), URL: <https://www.investopedia.com/terms/n/nash-equilibrium.asp> (hämtad 2022-03-03).
- [12] M. McPartland Michelle och Gallagher, "Learning to be a bot: Reinforcement learning in shooter games," i *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*, vol. 4, 2008, s. 78–83.
- [13] M. M. Robin Baumgarten Simon Colton, "Combining AI Methods for Learning Bots in a Real-Time Strategy Game," *International Journal of Computer Games Technology*, dec. 2008.