

Scrabble-AI

En Scrabble-AI med inriktning på "Fun-AI"

Tobias Bellinder

Scrabble-AI

Examensrapport inlämnad av Tobias Bellinder till Högskolan i Skövde, för Kandidatexamen (B. Sc.) vid Institutionen för kommunikation och information. Arbetet har handletts av Henrik Engström.

2010-06-09

Härmed intygas att allt material i denna rapport, vilket inte är mitt eget, har blivit tydligt identifierat och att inget material är inkluderat som tidigare använts för erhållande av annan examen.

Signerat: _____

Scrabble-AI

Tobias Bellinder

Sammanfattning

Scrabble är ett populärt korsordsliknande brädspel som funnits på svenska sedan 1950-talet. Datorprogram som spelar Scrabble har funnits sedan och 1980-talet. De flesta har haft som fokus att spela så optimalt som möjligt och utmana de bästa mänskliga spelarna. Det här arbetet undersöker hur man kan skapa en ”Fun-AI” för Scrabble som fokuserar på spelarens upplevelse och som lämpar sig för alla spelare oavsett nivå. Tre enkla AI-spelare skapas genom att använda grundläggande egenskaper som karakteriserar mänskligt spel. Utvärderingen visar att en relativt utvecklad AI tas för en människa av försökspersoner som spelat matcher mot AI-spelaren. Arbetet kan användas som grund för att gå vidare och utveckla AI:n genom att modellera fler och mer avancerade beteenden hos mänskliga spelare.

Nyckelord: Scrabble, Alfabet, Artificiell Intelligens, Fun-AI.

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	I
1 Introduktion	1
2 Bakgrund	2
2.1 Spelet Scrabble	2
2.1.1 Grundläggande strategi	3
2.2 Datorversioner av Scrabble	4
2.2.1 Engelskt Scrabble	4
2.2.2 Svenskt Scrabble.....	5
2.2.3 Scrabble som dataspel.....	5
2.2.4 Betapet, svenskt scrabble på Internet.....	5
3 Problemformulering	6
3.1 Delmål	7
3.1.1 Delmål 1: Implementera en algoritm som genererar giltiga drag.....	7
3.1.2 Delmål 2: Modellera olika spelstilar och personliga egenskaper	7
3.2 Metodbeskrivning	8
4 Genomförande.....	9
4.1 Det producerade systemet	9
4.2 Delmål 1: Implementera en algoritm som genererar giltiga drag.....	10
4.2.1 Datastrukturer	10
4.2.2 Ankare och korskontroll.....	12
4.2.3 Draggenerering	13
4.3 Delmål 2: Modellera olika spelstilar och personliga egenskaper	18
4.3.1 Egenskaper	18
4.3.2 Ordförråd.....	18
4.3.3 Snabbhet	19
4.3.4 Rullningar	19
4.3.5 Bra balans i stället.....	19
4.3.6 Byta brickor	20
4.3.7 Övriga egenskaper	20
4.3.8 Implementation.....	20
4.3.9 Sammanfattning av datorspelarnas egenskaper	20
4.4 Genomförd undersökning.....	22
4.5 Analys av undersökningen	23

4.5.1	Analys av matcherna mot Nybörjare-AI.....	23
4.5.2	Analys av matcherna mot Medel-AI.....	24
4.5.3	Analys av matcherna mot Övermänsklig-AI.....	25
4.5.4	Analys av kontrollmatch	26
4.5.5	Sammanfattning av undersökning	26
5	Slutsatser	28
5.1	Resultatsammanfattning	28
5.2	Diskussion	28
5.3	Framtida Arbete	28
	Referenser	30
6	Appendix	31
6.1	Appendix A: Presentationsbrev	31
6.2	Appendix B: Frågeformulär	32
6.2.1	Första mailet.....	32
6.2.2	Andra mailet.....	32
6.3	Appendix C: Fullständiga svar från försökspersoner.....	33
6.3.1	Försöksperson A	33
6.3.2	Försöksperson B	33
6.3.3	Försöksperson C	34
6.3.4	Försöksperson D.....	34
6.3.5	Försöksperson E	35
6.3.6	Försöksperson F.....	36
6.3.7	Försöksperson G.....	36
6.4	Appendix D: Slutställning och matchloggar från genomförda matcher	38
6.4.1	Match mot försöksperson A	38
6.4.2	Match mot försöksperson B	40
6.4.3	Match mot försöksperson C	42
6.4.4	Match mot försöksperson D	44
6.4.5	Match mot försöksperson E.....	47
6.4.6	Match mot försöksperson F.....	49
6.4.7	Match mot försöksperson G	52

1 Introduktion

Brädspel har tidigt varit drivande för att utveckla nya metoder och tekniker inom området Artificiell Intelligens (AI). Sedan 1950-talet då de första artiklarna skrevs om hur man konstruerar en schackdator har det utvecklats program som tävlat med de bästa mänskliga spelarna i ett antal olika brädspel. (Schaeffer et al., 2007)

I början ansågs det att en högpresterande AI endast kunde uppnås genom att modellera mänskliga strategier. Men Buro (2002) beskriver hur de bästa mänskliga spelarna under 1990-talet kunde besegras i t.ex. schack och Othello med hjälp av Alfa-Beta-sökning och allt snabbare datorer. Programmen försökte inte efterlikna mänskligt spel utan använde ”brute-force”-metoder som utvärderar hundratusentals eller miljontals drag.

Scrabble är ett brädspel där man på korsordsliknande vis bygger ord av bokstavsbrickor med olika poäng. Spelplanen består av 15x15 rutor och spelet kan spelas av två till fyra personer. Det här arbetet behandlar endast tvåspelarfallet, vilket är spelformen som används i tävlingssammanhang. I avsnitt två beskrivs reglerna för Scrabble i detalj.

Under 1980-talet gjordes de första försöken att skapa en konkurrenskraftig Scrabble-AI för den engelska versionen av Scrabble. Programmet ”Maven” skrivet av Sheppard (2002) vann i slutet av 1990-talet över amerikanska toppspelare vid flera tillfällen. Till skillnad från t.ex. schack och Othello är Scrabble ett spel där man inte har fullständig information. Man vet inte vilka bokstavsbrickor som motståndaren dragit. Det innebär att utmaningen att skapa en AI liknar den man ställs inför i spel som poker och bridge. Endast på slutet när alla brickor är dragna kan man härleda vilka brickor motståndaren har, och slutspelet blir därmed ett spel med fullständig information.

För svenskt Scrabble finns ett utmärkt program som heter ”Frank”, skapat av Gunnar Andersson och Lars Ivansson. Man kan spela mot starka motståndare, analysera partier och träna anagram. Frank liksom många andra brädspels-AI har fokus på att spela så perfekt som möjligt. Det finns ingen ambition att simulera mänskligt spel. Frank och andra bra Scrabbleprogram kan hela ordlistan, missar aldrig en rullning och tänker blixtnabbt.

I schackdataspelet Chessmaster X (Ubisoft, 2004) finns många olika AI-motståndare med flera typer av ”personligheter”. Egenskaper som datorspelarna har är t.ex. starka öppningar, benägenhet att byta pjäser och att favorisera löpare. Samma koncept kan användas i Scrabble. Exempel på egenskaper i Scrabble är t.ex. snabbhet, benägenhet att byta bokstäver, undvika upplägg för bonusrutor.

Det här arbetet är inriktat på att skapa en ”Fun-AI” för Scrabble som fokuserar på spelarens upplevelse, och inte optimalt spel. Detta implementeras genom att efterlikna en mer mänsklig spelstil, med tanken att det ska skapa en varierad och roligare spelupplevelse för både nybörjare och erfarna spelare.

Tre stycken AI-spelare med olika egenskaper har producerats och utvärderats genom att låta dessa AI-spelare spela matcher mot mänskliga spelare som fått beskriva sitt intryck av matcherna.

2 Bakgrund

2.1 Spelet Scrabble

Amerikanen Alfred M. Butts uppfann brädspelen Scrabble på 1930-talet. Enligt Scrabbleförbundet (2010) kom det 1954 till Sverige och fick här namnet Alfapet. Numera heter spelet dock Scrabble även i Sverige sedan Alga förlorat sina rättigheter till spelidén på 1990-talet. Alga har lanserat ett annat spel under namnet Alfapet som liknar Scrabble men som skiljer sig på ett antal väsentliga punkter.

Scrabble kan spelas av två till fyra spelare. Spelet spelas på en spelplan som består av 15x15 rutor. Spelarna lägger ord vågrätt och lodrätt med hjälp av bokstavsbrickor som har olika poängvärden. Se ex. i Figur 1. Vissa rutor är bonusrutor som ger extra poäng när ord eller brickor spelas på dessa rutor. Det finns två typer av bonusrutor. En typ som ger extra mycket poäng för en bokstav, och en typ som ger extra mycket poäng för ett helt ord. Spelar man över flera bonusrutor får alla räknas. Först bokstavsbonusen och sedan ordbonusen. En bonusruta kan endast ge bonus en gång.

Det finns hundra bokstavsbrickor och spelarna har sju stycken brickor på handen som placeras i ett ställ. Med begreppet ställ som används i den här rapporten åsyftas de brickor som spelaren har tillgängliga för att lägga ord. Två bokstavsbrickor som kallas jokrar är blanka och kan användas som vilken bokstav som helst. Jokerbrickan har ingen poängvärde utan ger noll poäng. Poäng ges för varje korrekt ord. Korrekta ord är alla nya ord som konstrueras när ett nytt ord spelas ut på brädet. Den som har högst poäng när spelet är slut vinner. Om man lägger ut alla sju brickor får man 50 extra poäng. Detta kallas att göra en "rullning".

Man kan även avstå att lägga under sin tur och i stället byta brickor eller passa.

I tävlingsmatcher tillkommer en del extra regler. Man spelar endast med två spelare. Varje spelare har 30 minuter på sig för alla sina drag under partiet. Man får gå över tiden med fem minuter men får då poängavdrag. Ett tidsöverdrag på över 5 minuter betyder att matchen är förlorad. Korrekta ord är ord som står med fet stil i Svenska Akademiens Ordlista, trettonde upplagan (SAOL13), tillsammans med en tilläggslista. Reglerna för svenskt tävlingsspel i Scrabble bestäms av Svenska Scrabbleförbundet.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	3x ORD POÄNG		S ₁	Ä ₃	L ₁	L ₁	A ₁	N ₀		S ₁		2x BOK POÄNG		L ₁	3x ORD POÄNG
B		2x ORD POÄNG	K ₂			3x BOK POÄNG				C ₈	I ₁	R ₁	K ₀	A ₁	
C			R ₁		T ₁	R ₁	A ₁	D ₁	2x BOK POÄNG	H ₂			E ₁	X ₈	
D	2x BOK POÄNG		A ₁	2x ORD POÄNG			H ₂	Y ₇	F ₃		V ₃	I ₁	D ₁		2x BOK POÄNG
E			P ₄	L ₁	O ₂	G ₂		R ₁	E ₁	D ₁	A ₁	N ₁		R ₁	
F		3x BOK POÄNG			R ₁	Ö ₄				U ₄	N ₁	I ₁	S ₁	O ₂	N ₁
G		F ₃	Å ₄		O ₂	S ₁	M ₂	A ₁	K ₂		T ₁		2x BOK POÄNG	U ₄	
H	B ₄	E ₁	T ₁	S ₁	A ₁			N ₁	Ö ₄	P ₄		T ₁	Ä ₃	T ₁	E ₁
I		T ₁	2x BOK POÄNG				2x BOK POÄNG		L ₁	Å ₄	G ₂	A ₁	2x BOK POÄNG	E ₁	J ₇
J		T ₁				B ₄	O ₂	D ₁		K ₂	O ₂	S ₁		R ₁	
K					S ₁	E ₁	M ₂	I ₁	T ₁		D ₁				
L	2x BOK POÄNG			R ₁	E ₁	N ₁		2x BOK POÄNG	V ₃	I ₁	S ₁	U ₄	M ₂		2x BOK POÄNG
M			2x ORD POÄNG				2x BOK POÄNG		2x BOK POÄNG				2x ORD POÄNG		
N		2x ORD POÄNG				3x BOK POÄNG				3x BOK POÄNG				2x ORD POÄNG	
O	3x ORD POÄNG			2x BOK POÄNG				3x ORD POÄNG				2x BOK POÄNG			3x ORD POÄNG

Figur 1: Slutställning i en Scrabblematch.

2.1.1 Grundläggande strategi

En förutsättning för att bli en bra Scrabblespelare är ett stort ordförråd, och speciellt att behärska en del kryptiska ord och korta ord på två och tre bokstäver. Richards och Amir (2007) visar att det inte är vinnande strategi att alltid spela det drag som ger mest poäng varje omgång. Det finns flera andra aspekter att ta hänsyn till. När man lägger ut brickor är det viktigt att ta hänsyn till vilka brickor man har kvar i stället, vissa kombinationer ger mycket större sannolikhet för rullningar. Duktiga spelare är villiga att offra en del poäng för att bli av med krångliga bokstäver som Z och för att behålla en bra blandning av konsonanter och vokaler. De kanske viktigaste är dock enligt Romero et al. (2008) att försöka spara bokstäver som maximerar chanser till rullningar.

En del defensiva strategier är också viktiga. Man vill inte öppna upp för motståndaren så denne får chansen att spela på bonusrutorna som ger tre gånger ordpoäng om man inte själv kan lägga ut något som ger hög poäng. I slutspelet när man kan härleda vad motståndaren har för brickor kan det vara aktuellt att blockera lägen för motståndaren.

Att våga byta brickor om man har dåliga bokstäver i stället och att spara på jokerbrickorna för att söka rullningar är två andra bra strategier (Scrabbleförbundet, 2010).

2.2 Datorversioner av Scrabble

2.2.1 Engelskt Scrabble

På 1980-talet började intresset vakna för att skapa ett Scrabbleprogram för den engelskspråkiga versionen av spelet. För att skapa en konkurrenskraftig Scrabble-AI behöver man i grunden en snabb algoritm för generera alla giltiga drag. I slutet av 1980-talet utvecklade Appel och Jacobson (1998) en sådan algoritm. De använder en effektiv datastruktur för att lagra ordlistan som kallas Directed Asyclic Word Graph (DAWG). Gordon (1994) vidareutvecklade algoritmen, genom att använda en liknande datastruktur han kallar GADDAG¹. I en DAWG kan man bara söka ord från vänster till höger medans en GADDAG möjliggör sökning i båda riktningarna, till kostnad av fem gånger större lagringsutrymme. Sökhastigheten blir dock nästan fördubblad i snitt.

När man väl har en algoritm som genererar alla möjliga drag kan man relativt enkelt skapa ett program som alltid lägger maximal poäng. Redan här har datorn en fördel gentemot mänskliga spelare men att enbart lägga maximal poäng räcker inte för att skapa en riktigt stark AI utan hänsyn måste också tas till de strategiska aspekterna.

Brian Sheppards program "Maven" slog den nordamerikanska mästaren 1998 i en uppvisningsmatch och anses vara ett av de starkaste programmen som skapats. Mavens uppbyggnad finns beskriven i (Sheppard, 2002). Programmet delar upp spelet i tre faser och använder tre olika moduler för att utvärdera dragen. De tre faserna är "endgame", "pre-endgame" och "midgame". När sista brickan dragits är Scrabble ett spel med perfekt information, därav uppdelningen i olika moduler. Det mesta av spelet sker dock med hjälp av "midgame"-modulen, som hanterar alla drag fram till slutspelsfasen. "Midgame"-modulen genererar alla giltiga drag med hjälp av Appel-Jacobsons algoritm. Dragen värderas med hjälp av hur mycket poäng draget ger samt en statisk utvärderingsfunktion som använder olika heuristiker för att beräkna potentialen hos de brickor som blir kvar i stället. Hur dessa ska beräknas har tagits fram genom omfattande simuleringar, som räknat på framtida poängställningar vid en viss uppsättning brickor i stället.

Efter att dragen genererats och utvärderats med den statiska utvärderingsfunktionen används simulering för att ta hänsyn till eventuella svar från motståndaren. Tekniken går ut på att slumpa fram brickor till motståndaren och sedan spela några drag framåt med den vanliga "midgame"-modulen. Det drag som i snitt ger störst poängskillnad till fördel för Maven anses bäst.

Efter publiceringen av Sheppards artikel (2002) är Maven uppköpt av Hasbro och ingår i deras kommersiella Scrabbleprodukt och efter detta finns ingen vidare information om Mavens strategier eller uppbyggnad.

I mars 2006 släpptes "Quackle", ett Scrabbleprogram släppt under GNU-liscensen, utvecklat av Jason Katz-Brown och John O'Laughlin. Spelet använder samma grundläggande struktur som Maven med en statisk utvärderingsfunktion och simulering. (Katz-Brown, O'Laughlin, 2005).

¹ Det framgår inte vad förkortningen GADDAG står för

2.2.2 Svenskt Scrabble

På svenska finns ett starkt Scrabbleprogram som bär namnet ”Frank”. (Andersson, Ivansson, 2009) Frank är ett utmärkt analys- och träningsverktyg för duktiga spelare. Programmet innehåller några olika datorspelare att spela mot. Jag har ingen information om hur programmet är konstruerat men den bästa spelaren ”Sim” använder någon typ av simulering.

2.2.3 Scrabble som dataspel

Scrabblevärlden domineras idag av datorprogram. Sedan Maven och dess efterföljare blev utrustade med möjlighet att simulera partier har de mänskliga spelarna blivit mycket starkare genom att lära sig av programmets analyser. Även om det säkert finns utrymme för förbättringar som t.ex. motståndarmodellering som föreslås av Richards och Amir (2007) så är de programmen redan på en nivå väsentligt över mänskliga spelare.

När man ska göra ett dataspel av Scrabble är det inte intressant att bara ha en så bra motståndare som möjligt. Våldigt få skulle spela ett dataspel där de blir utklassade varje gång. Det gäller att skapa olika svårighetsnivåer av AI:n så att även en nybörjare kan hitta en lämplig motståndare. Utmaningen i att skapa svagare AI-motståndare finns det inte mycket information om, kanske främst för att det mest är intressant i kommersiella spel.

Jag känner inte till några kommersiella dataspel för svenskt Scrabble. Frank har visserligen några olika datorspelare som är lite sämre. Men de är ganska extrema, t.ex. spelaren ”Max” som alltid lägger det drag som ger mest poäng. För engelskt Scrabble har det funnits många kommersiella produkter de senaste decennierna.

Nyare spel är bland annat Scrabble Interactive (Ubisoft 2009) och Scrabble Plus (Hasbro 2010). I det sistnämnda spelet finns en handfull datormotståndare rankade från ”novice” till ”expert” utan närmare detaljer. I det förstnämnda finns det ett tiotal motståndare och varje spelare har en svårighetsgrad från ett till fem samt en liten kommentar som antyder att de har något olika spelstil. T.ex. ”large vocabulary” eller ”likes wide open spaces”. Båda spelen ligger dock relativt långt efter ett spel som schackspelet Chessmaster X (Ubisoft 2004) där det finns många variabler som påverkar AI:ns styrka, spelstil och personlighet.

2.2.4 Betapet, svenskt scrabble på Internet

Betapet (2010) är en svensk site där man kan spela svenskt Scrabble över Internet. Svenska Scrabbleförbundets regler används. Förutom vanligt Scrabble finns varianter med andra bräden. Slumpat bräde, som slumpmässigt sprider ut bonusrutorna, och ett specialbräde som liknar det klassiska brädet men med fler bonusrutor. Det finns även några olika alternativ för hur mycket betänketid varje spelare får. Från ”Panik” som ger tre minuter per person till ”Normal” som ger 30 minuter per person. Under matcherna finns det möjlighet att chata med motståndaren.

Matcher kan spelas rankat och orankat. Varje spelare har en rating som förändras beroende på om man presterar i rankade matcher. Rating ger en god fingervisning om hur duktig en spelare är. Nya medlemmar får rating 1000.

Förutom att spela Scrabble mot andra medlemmar finns också ett diskussionsforum på site. Medlemskapet på Betapet är gratis.

3 Problemformulering

För de flesta är Scrabble ett spel som spelas i underhållningssyfte och inte i tävlingsyfte. Spelet är populärt, siden Betapet (2010) på Internet där man kan spela svenskt Scrabble har t.ex. flera tusen medlemmar. Problemet är att konstruera en Scrabble-AI som kan appellera till många spelare, från nybörjare till duktigare spelare. Det vill säga att skapa en Scrabble-AI för svenskt Scrabble som lämpar sig för ett dataspel och inte som ett analys- och träningsredskap för proffs.

Vad är det då som gör dataspel roliga och stimulerande? Det är givetvis väldigt subjektivt och det finns många faktorer som påverkar men en betydande faktor är att spelaren alltid ska tycka att spelet är utmanande. Koster (2005, sid 97) skriver att "Real fun comes from challenges that are always at the margin of our ability". Alltså att det alltid ska finnas en datormotståndare som är precis lagom utmanande. Det är inte ett trivialt problem.

För att uppnå en sådan AI kan man inte använda de metoder som använts för att skapa en så perfekt Scrabble-AI som möjligt. Följande problem finns med de starka AI-motståndare som beskrevs i föregående avsnitt.

- De behärskar hela ordlistan, i det svenska fallet cirka 120 000 ord. Att skapa en mindre ordlista som de sämre AI-motståndarna kan använda är viktigt för trovärdigheten. Detta låter sig dock inte göra så enkelt, eftersom det inte finns någon ordlista som innehåller ett "normalt" ordförråd.
- De tänker sekundsnabbt, vilket rycker sönder spelet och inte speglar hur en match ser ut mellan mänskliga spelare. Oavsett om man spelar med tid eller utan tid, får man chansen att tänka under motspelarens drag, och överhuvudtaget varierar betänketiden mellan dragen. Något sätt att göra AI:n långsammare är viktigt.
- De har tillgång till en mängd olika strategier och data för att beräkna vilka kombinationer av brickor som är bra att spara i stället. Detta bör begränsas kraftigt eftersom dessa data är okända för den normale spelaren.
- De flesta mänskliga spelare blir stressade av klockan när man har lite tid kvar. Att låta AI:n påverkas av klockan bidrar till mer variationen i AI:ns spel.
- De spelar deterministiskt. Att införa olika typer av sannolikheter för val av drag ökar variationen i spelet. Man kan t.ex. införa sannolikheter för att hitta rullningar.
- Simulering av några drag framåt är något som inte är möjligt att göra för en mänsklig spelare och onödigt att använda förutom för möjligtvis den starkaste AI-nivån.

Är det viktigt att efterlikna mänskligt spel för att skapa en AI som är utmanande för en stor mängd spelare? Kanske inte helt avgörande, man kan skapa en sämre Scrabble-AI genom att konsekvent välja drag med lägre medelpoäng än den bästa AI:n. Men om den fortfarande spelar sekundsnabbt och behärskar hela ordlistan blir det rätt konstiga matcher som inte påminner om Scrabblepartier mellan människor.

När man designar en AI kan man ha olika fokus. I en föreläsning beskriver Soren Johnson skillnaderna mellan "Good AI" och "Fun AI" (Johnson, 2008). Enligt honom är "Fun-AI" när man koncentrerar sig på spelarens upplevelse. AI:n kan kringgå regler, spela asymmetriskt och behöver inte ha tillgång till all tillgänglig taktik och

strategi. Datorn spelar för att förlora. Ett exempel på "Good-AI" är de bästa Scrabbleprogrammen där AI:n har tillgång till kraftfulla verktyg som simuleringar. En sådan AI spelar för att vinna. Artificiell Intelligens i dataspel hamnar ofta någonstans mittemellan "Good AI" och "Fun-AI".

I schackspelet Chessmaster X (Ubisoft 2004) har utvecklarna försökt modellera mänskliga egenskaper och strategier därmed kunna simulera riktiga schackspelare. Ett antal parametrar finns som bestämmer AI:n spelstil. Det följer med en uppsättning spelare med olika styrka och personlighet. Bl.a. kan man möta stormästaren Josh Waitzkin i olika virtuella åldrar och se hur han utvecklade sitt spel när han blev äldre.

Detta är ett intressant koncept som borde fungera bra även för Scrabble. För att skapa en Scrabble-AI som mer liknar en mänsklig spelare behöver man modellera ett antal mänskliga egenskaper, av vilka några redan har berörts. Exempel på Scrabblespelstilar kan vara "Rullningssökaren" som fokuserar på att hitta och rullningar och "Extremtaktikern" som spelar snålt och vägrar lägga upp för motståndaren.

3.1 Delmål

Problemet kan delas in i följande delmål.

3.1.1 Delmål 1: Implementera en algoritm som genererar giltiga drag.

Första delmålet är att skapa en AI-motor som kan ta fram alla giltiga drag i godtycklig position och som behärskar spelets regelsystem. Motorn ska kunna använda valfri ordlista för att avgöra vad som är ett korrekt ord.

Det grundläggande problemet är att hitta ett effektivt sätt att hantera ordlistor. Fokus kommer ligga på de algoritmer och datastrukturer som möjliggör effektiv och snabb sökning i en ordlista. Motorn representerar den enklaste formen av Scrabble-AI och används som grund för delmål två.

3.1.2 Delmål 2: Modellera olika spelstilar och personliga egenskaper

I delmål två är målet att identifiera de egenskaper som behövs för att skapa en mer mänsklig Scrabble-AI. Med utgångspunkt från mänskliga spelstilar och taktik ska ett antal typspelare tas fram med skilda egenskaper. Den kanske viktigaste aspekten för att skapa en mer mänsklig AI-spelare är att använda ordlistor med reducerat ordförråd. Minst två ordlistor måste finnas, en komplett ordlista som motsvarar alla giltiga ord, och en reducerad som närmare motsvarar en genomsnittlig spelare.

3.2 Metodbeskrivning

Att utvärdera huruvida en Scrabble-AI som försöker efterlikna mänskliga spelstilar är lyckad eller tilltalande är svårt att mäta i kvantitativa termer. Det är endast spelarnas upplevelser som kan ge svaret på den frågan, därför måste någon kvalitativ metod användas för att utvärdera arbetet.

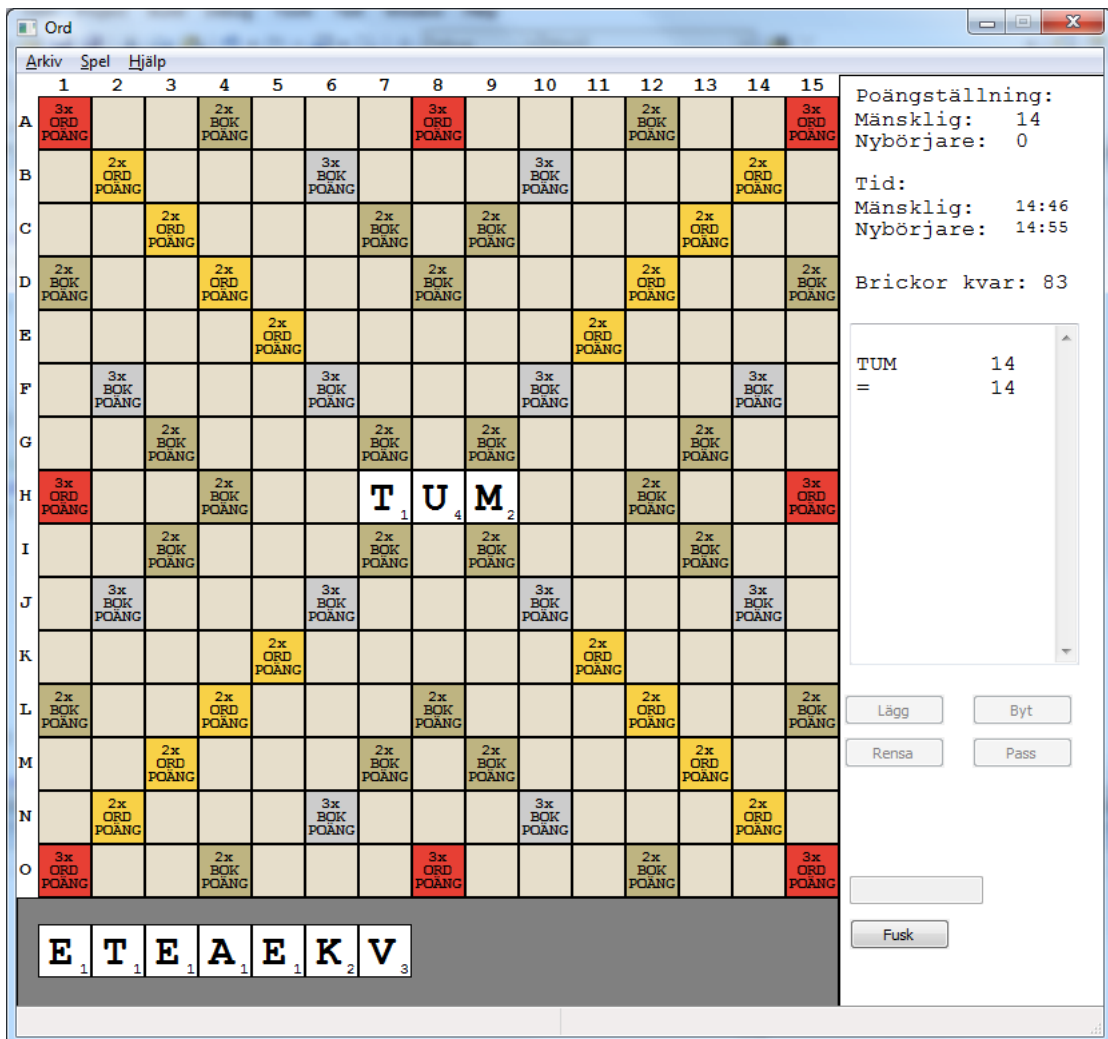
Metoden som kommer att användas är en surveyundersökning med frågeformulär. Ett antal försökspersoner kommer få spela mot de olika datorspelarna över Internet utan att i förväg veta vem motståndaren är. Efter matchen får försökspersonen fylla i ett frågeformulär som innehåller en rad öppna frågor, där personen ombeds beskriva hur hon uppfattade matchen och motståndaren. På slutet kommer försökspersonerna få svara på om de trodde att de spelade mot en dator eller en människa och motivera noggrant varför. Jag har även planerat att spela några partier själv istället för datorn och ställa samma frågor. Det kan vara intressant att se om svaren skiljer sig åt på ett markant sätt. Det kanske finns de som svarar att de spelat mot en dator endast för att frågan ställs.

För att kunna utvärdera en Scrabble-AI bör man ha någorlunda god kunskap om spelet, annars är det svårt att avgöra om datorns spel liknar mänskligt spel och komma med intressanta observationer. Att därför göra någon typ av slumpmässigt urval är inte lämpligt. Istället kommer urvalet till undersökningen ske genom subjektivt urval. Om subjektivt urval skriver Denscombe (2009) att fördelarna är att forskaren kan närma sig människor som hon eller han har god anledning att tro kan vara avgörande för undersökningen. Personer till undersökningen kommer att värvas på Betapets forum. Den stora mängden variation av spelare som finns på framför allt Betapet leder förhoppningsvis till att urvalsgruppen inte blir alltför homogen.

4 Genomförande

4.1 Det producerade systemet

Programmen för att skapa Scrabble-AI:n har skrivits i C++ och kompilerats i MS Visual Studio 2008. För att kunna utvärdera AI:n har ett grafiskt gränssnitt skapats med hjälp av guibiblioteket wxWidgets.



Figur 2: Det grafiska gränssnittet.

Jag valde att skapa tre stycken olika datorspelare, som ska representera tre olika spelartyper. Jag har kallat nivåerna för "Nybörjare", "Medel" och "Övermänsklig" där "Nybörjare" är den svagaste.

"Nybörjare" ska motsvara en oerfaren Scrabblespelare som inte har något stort ordförråd eller speciell taktik.

"Medel" ska motsvara en spelare som har en ganska stor spelvana. Behärskar en del grundläggande taktik och har ett större ordförråd än nybörjaren.

"Övermänsklig" ska motsvara en väldigt stark spelare eller till och med en övermänskligt stark spelare. Den här nivån står i kontrast till de två andra nivåerna

genom att behärska alla giltiga ord i Scrabble samt försöka spela så bra som det är möjligt.

Avsnitt 4.2 redovisar hur AI-motorn är uppbyggd.

Avsnitt 4.3 beskriver hur de egenskaper som karakteriserar de olika AI-nivåerna.

I det grafiska gränssnittet kan man spela mot de alla AI-nivåer. Det finns även ett "Cheat-Mode" som behövs för att kunna spela utvärderingsmatcher över Internet. Man kan välja vilka bokstäver man vill ha och kan på så sätt imitera motståndarens drag. Trycker man på knappen "Fusk" spelar vald AI:n ut ett ord.

Det finns tre olika alternativ för hur mycket betänketid varje spelare får: 15 minuter, 30 minuter eller oändlig tid. 30 minuter är den tid som används i svenska tävlingssammanhang. Om tiden går ut har man förlorat, jag använder inte regeln att man får dra över 5 minuter.

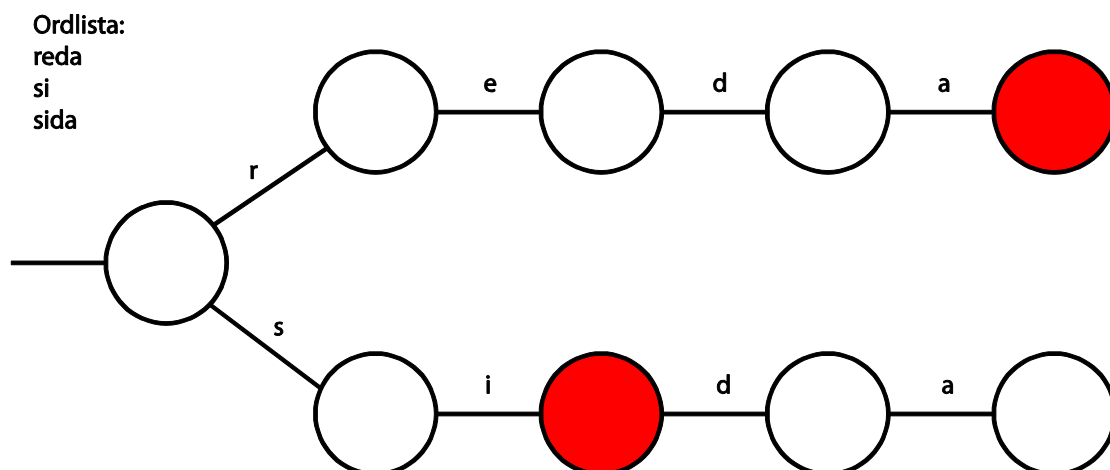
4.2 Delmål 1: Implementera en algoritm som genererar giltiga drag.

Första delmålet var att skapa en AI-motor som kan ta fram alla giltiga drag i en given position och som hanterar regelsystemet. I det här avsnittet presenteras de viktigaste datastrukturer och algoritmer som använts för att realisera motorn.

4.2.1 Datastrukturer

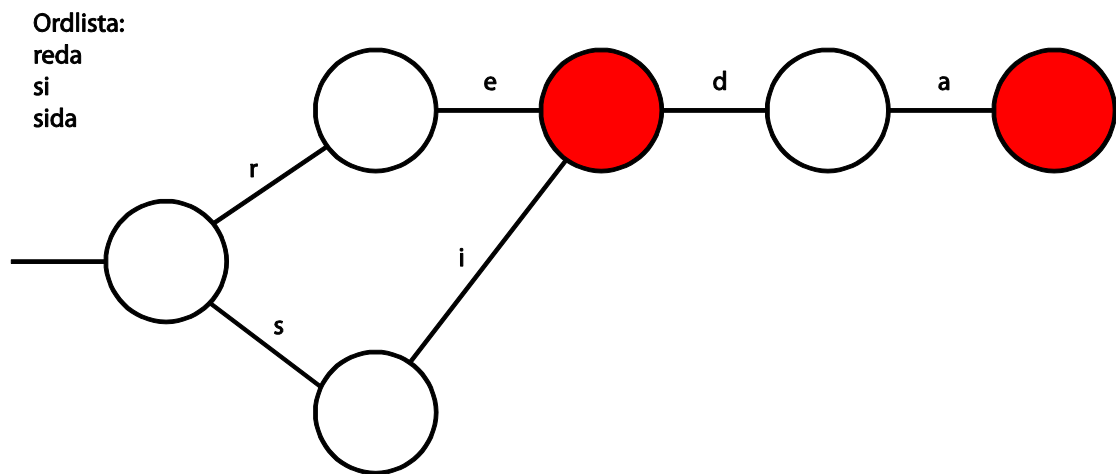
Appel och Jacobson (1988) presenterade den första riktigt snabba draggenereringsalgoritmen som bygger på en väldigt effektiv representation av ordlistan i form av en datastruktur som kallas DAWG (Directed Asyclic Word Graph).

En DAWG byggs ofta från en trädstruktur som kallas Trie. Ett Trie är ett träd där varje kant representeras av en bokstav. Ord med samma prefix delar noder och kanter genom trädet. För att veta när man har hittat ett ord markeras slutnoder på ett speciellt sätt. Slutnoder (terminal nodes) är markerade som fyllda cirklar i Figur 3.



Figur 3: Trie för en liten ordlista med tre ord.

En DAWG är mer komptakt och kan skapas från ett Trie genom att identifiera alla identiska subträd och skapa en graf där flera kanter kan peka på samma nod och därmed delar ord med samma suffix väg i grafen.



Figur 4: DAWG för motsvarande ordlista som i Figur 3.

Eftersom flera kanter kan peka på samma nod lagras informationen om att ett ord har bildats istället i kanten. Som framgår av Figur 4 skulle annars "RE" uppfattas som ett ord om det angavs i noderna. Kanterna "i" och "a" kommer alltså innehålla en flagga som visar att det är en slutkant.

Genom att använda en DAWG istället för ett Trie reduceras antalet noder för en stor ordlista dramatiskt. Min kompletta ordlista bildade ett Trie med 432 707 noder och kanter. I den motsvarande DAWG:en reducerades det till 94 994 noder och 180 101 kanter.

Jag implementerade en egen naiv algoritm för att skapa en DAWG från en ordlista. Pseudokod visas Figur 5.

```

Create Trie from wordlist.
Sort nodes in tree on largest depth using a Binary Heap.
FOR d = MaxDepth TO 0
  Node[] = GetAllNodesWithDepth(d)
  FOR i= 0 TO Number of nodes in Node[]
    FOR j=i+1 TO Number of nodes in Node[]
      IF CompareSubtrees(Node[i], Node[j]) = TRUE
        Merge Subtrees.
      END IF
    END FOR
  END FOR
END FOR

```

Figur 5: Algoritm för att skapa DAWG.

Algoritmen är ineffektiv och tidskomplexiteten är kvadratisk. Eftersom jag endast behöver köra programmet en gång per ordlista fann jag det inte meningsfullt att implementera en bättre algoritm. Det finns dock effektivare metoder. En utförlig beskrivning av olika algoritmer finns beskriven av Crochemore och Rytter (1994).

Precis som Appel-Jacobson använder jag en stor array för att lagra hela grafen. Varje kant är en 32-bitars integer. Bit 0-23 innehåller index till nästa nod, bit 24-29 innehåller bokstavens ASCII-kod, bit 30 anger om kanten innehåller sista bokstav i ett ord och bit 31 anger om det är sista kanten i en nod.

Med utgång från sin kompakta DAWG kunde Appel-Jacobson lagra hela ordlistan i primärminnet och skapa en väldigt snabb algoritm för att generera alla giltiga drag.

4.2.2 Ankare och korskontroll

När man spelar ett nytt drag i Scrabble måste minst en bricka spelas på en ruta som angränsar till en redan utplacerad bricka. För att bilda alla giltiga ord är det därför logiskt att utgå från dessa rutor, som kallas ankare. Första draget måste ordet passera mittenrutan, och det är enda ankaret när brädet är tomt.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	3x ORD POÄNG			2x BOK POÄNG				3x ORD POÄNG			
B		2x ORD POÄNG				3x BOK POÄNG				3x BOK POÄNG	
C			2x ORD POÄNG				2x BOK POÄNG		2x BOK POÄNG		
D	2x BOK POÄNG			2x ORD POÄNG				2x BOK POÄNG			
E					2x ORD POÄNG						2x ORD POÄNG
F		3x BOK POÄNG				3x BOK POÄNG				3x BOK POÄNG	
G			2x BOK POÄNG								
H	3x ORD POÄNG			2x BOK POÄNG			B ₄	A ₁	K ₂		
I			2x BOK POÄNG			S ₁	I ₁	R ₁			
J		3x BOK POÄNG								3x BOK POÄNG	
K					2x ORD POÄNG						2x ORD POÄNG

Figur 6: Blå rutor markerar ankare.

I Scrabble kan man lägga ord horisontellt och vertikalt. Att skapa ord vertikalt är dock precis samma problem som att skapa ord horisontellt, med den skillnaden att brädet är transponerat. Därför behöver problemet att generera ord bara beskrivas i en dimension.

Om man vill bilda ord horisontellt behöver man veta vilka bokstäver som bildar godkända ord vertikalt för redan utplacerade brickor. Vill vi t.ex. bilda ett ord från G8 i Figur 6 som går till höger måste vi veta vilka bokstäver som passar innan "AR". Detta görs enkelt genom att för varje bokstäv i alfabetet gå genom DAWG:en och se om "AR" är ett godkänt suffix. Eftersom alla tecken i det svenska alfabetet kan representeras som varsin bit i en 32-bitars integer kan man använda en integer per ruta för att markera vilka ord som är godkända. Varje bit som är satt representerar en godkänd bokstav. Den informationen kan sedan användas av draggenereringsalgoritmen för att snabbt göra korskontrollen och se vilka bokstäver som är godkända. Varje gång ett nytt ord spelas ut på brädet måste korskontrollsinformationen uppdateras för berörda ankare.

En sak som gör det lite mer komplicerat i mitt fall är att flera ordlistor förekommer och det ställer frågan om det även behövs flera olika korskontroller mot olika listor. Man kan även tänka sig att alltid använda den kompletta ordlistan för korskontroller. Det leder till att den sämre AI:n då ibland kan lägga ord den egentligen "inte kan".

Jag har valt att använda olika korskontroller för olika ordlistor för att den sämsta nivån inte ska få för stor fördel. Varje gång ett nytt ord spelats på brädet uppdaterar jag korskontrollen för alla ankare med motståndarens ordlista.

4.2.3 Draggenerering

Appel-Jacobsons algoritm för att generera alla giltiga drag är väldigt snabb. Nackdelen med en DAWG är dock att man endast kan gå från vänster till höger genom grafen. För att generera ord måste man ta fram alla tänkbara vänsterled, med antingen brickor i stället eller med brickor som finns på brädet, och sedan leta efter godkända högerled. Det leder till att många onödiga vänsterled skapas som inte kan leda till några korrekta ord.

Gordon (1994) presenterar en ännu snabbare algoritm för draggenerering som kan hantera vänsterled och högerled likadant. Han kallar sin algoritm och struktur GADDAG. Algoritmen använder en DAWG, men med en smart förändring av ordlistan. Varje ord i ordlistan representeras lika många gånger som det finns bokstäver i ordet.

Exempel: Ordet DATA representeras som fyra ord i en GADDAG.

DATA

A*TAD

TA*AD

ATA*D

Stjärnan är endast en avdelare som markerar att ordet byter riktning. Men hjälp av denna konstruktion av ordlistan kan man utgå från valfri bokstav i ett ord och ändå hitta ordet i grafen. Figur 7 och Figur 8 visar ett exempel på hur den utökade ordlistan används för att bilda ord.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	3x ORD POÅNG			2x BOK POÅNG				3x ORD POÅNG				2x BOK POÅNG			3x ORD POÅNG
B		2x ORD POÅNG				3x BOK POÅNG				3x BOK POÅNG				2x ORD POÅNG	
C			2x ORD POÅNG				2x BOK POÅNG		2x BOK POÅNG				2x ORD POÅNG		
D	2x BOK POÅNG			2x ORD POÅNG				2x BOK POÅNG				2x ORD POÅNG			2x BOK POÅNG
E					2x ORD POÅNG						2x ORD POÅNG				
F		3x BOK POÅNG				3x BOK POÅNG				3x BOK POÅNG				3x BOK POÅNG	
G			2x BOK POÅNG				2x BOK POÅNG		2x BOK POÅNG				2x BOK POÅNG		
H	3x ORD POÅNG			2x BOK POÅNG		T ₁	Y ₇	S ₁	K ₂			2x BOK POÅNG			3x ORD POÅNG
I			2x BOK POÅNG				2x BOK POÅNG		2x BOK POÅNG				2x BOK POÅNG		
J		3x BOK POÅNG				3x BOK POÅNG				3x BOK POÅNG				3x BOK POÅNG	
K					2x ORD POÅNG						2x ORD POÅNG				
L	2x BOK POÅNG			2x ORD POÅNG				2x BOK POÅNG				2x ORD POÅNG			2x BOK POÅNG
M			2x ORD POÅNG				2x BOK POÅNG		2x BOK POÅNG				2x ORD POÅNG		
N		2x ORD POÅNG				3x BOK POÅNG				3x BOK POÅNG				2x ORD POÅNG	
O	3x ORD POÅNG			2x BOK POÅNG				3x ORD POÅNG				2x BOK POÅNG			3x ORD POÅNG

D ₁	A ₁	T ₁	A ₁	L ₁	O ₂	L ₁
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

Figur 7: Ordet TYSK är spelat, på stället finns DATALOL.

Exempel: Vi vill bilda ett ord vertikalt på ankaret H10. På stället har vi "DATALOL". Bokstaven "D" går inte att spela eftersom TYSKD inte är ett godkänt ord. Däremot är "A" godkänt, eftersom TYSKA finns med i ordlistan. Vi letar på "A" i ordlistan och hittar först "ATA*D". "A" spelas ut på H10, "T" går bra på I10, nästa "A" på J10. Sedan kommer en asterisk. Då byter vi riktning och börjar en ruta ovanför startankaret H10. "D" spelas sedan på G10 och resultatet kan skådas i Figur 8.

Observera att även "A*TAD" kommer bilda godkända TYSKA och DATA, men då kommer DATA börja på E10 istället för G10.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	3x ORD POÄNG			2x BOK POÄNG				3x ORD POÄNG				2x BOK POÄNG			3x ORD POÄNG
B		2x ORD POÄNG				3x BOK POÄNG				3x BOK POÄNG				2x ORD POÄNG	
C			2x ORD POÄNG				2x BOK POÄNG		2x BOK POÄNG				2x ORD POÄNG		
D	2x BOK POÄNG			2x ORD POÄNG				2x BOK POÄNG				2x ORD POÄNG			2x BOK POÄNG
E					2x ORD POÄNG						2x ORD POÄNG				
F		3x BOK POÄNG				3x BOK POÄNG				3x BOK POÄNG				3x BOK POÄNG	
G			2x BOK POÄNG				2x BOK POÄNG		2x BOK POÄNG	D ₁			2x BOK POÄNG		
H	3x ORD POÄNG			2x BOK POÄNG		T ₁	Y ₇	S ₁	K ₂	A ₁		2x BOK POÄNG			3x ORD POÄNG
I			2x BOK POÄNG				2x BOK POÄNG		2x BOK POÄNG	T ₁			2x BOK POÄNG		
J		3x BOK POÄNG				3x BOK POÄNG				A ₁				3x BOK POÄNG	
K					2x ORD POÄNG							2x ORD POÄNG			
L	2x BOK POÄNG			2x ORD POÄNG				2x BOK POÄNG				2x ORD POÄNG			2x BOK POÄNG
M			2x ORD POÄNG				2x BOK POÄNG		2x BOK POÄNG				2x ORD POÄNG		
N		2x ORD POÄNG				3x BOK POÄNG				3x BOK POÄNG				2x ORD POÄNG	
O	3x ORD POÄNG			2x BOK POÄNG				3x ORD POÄNG				2x BOK POÄNG			3x ORD POÄNG

Figur 8: TYSKA och DATA.

På detta sätt effektiviseras sökandet efter ord till en kostnad av en betydligt större ordlista. Algoritmen blir enligt Gordon ungefär två gånger snabbare än Appel-Jacobsens algoritmen och tar fem gånger så mycket lagringsutrymme. Detta gäller för en typisk amerikanskengelsk ordlista.

Min implementation med de svenska ordlistorna ger lite andra resultat, se Tabell 1. För den kompletta svenska ordlistan växer storleken istället med en faktor åtta. Förklaringen beror säkerligen dels på att Gordon i sin redovisning inte använt ordlistor med ord längre än nio tecken medan min svenska ordlista använder alla ord upp till femton tecken. Om det föreligger någon skillnad i snittlängd mellan orden i en svensk och engelsk ordlista känner jag inte till.

	Svensk ordlista	Svensk GADDAG-ordlista
Antal ord	110 290	1 053 524
Noder i Trie	432 707	4 896 617
Noder i DAWG	94 994	811 690
Kanter i DAWG	180 101	1 292 259

Tabell 1: Storlek på DAWG för olika ordlistor

Att skapa en DAWG för den kompletta ordlistan tog cirka tre timmar och för de mindre ordlistorna cirka två minuter på en dator med AMD Athlon 4800+ 2.50 GHz processor.

Eftersom moderna datorer har rikligt med primärminne valde jag att använda Gordons variant på ordlista för att skapa draggenereraren till AI:n, eftersom det möjliggör det snabbaste kända sättet att ta fram alla möjliga drag.

Algoritmen som jag använder för att ta fram alla giltiga drag är ett par samverkande rekursiva funktioner som är i princip identiska med de som presenteras av Gordon (1994). Den största skillnaden är att min algoritm stegar till höger först och sedan till vänster.

Pseudokod visas i Figur 9.

Inparametrar till GenerateMoves är aktuell kant "edge", position från ankaret "pos", ordet som bildas (word) och de bokstäver man har i stället (rack). Första anropet är edge=0 (första kant i första nod), pos=0 och strängen word tom.

```

GenerateMoves(int edge, int pos, string word, string rack)
    IF a letter L already on this square.
        newEdge = NextEdge(edge, L)
        IF newEdge is not empty
            NextTile(pos, L, word, rack, newEdge)
        END IF
    ELSE IF letters remains on the rack
        FOR EACH letter L on rack and cross set
            NextTile(pos, L, word, rack - L, NextEdge(edge, L))
        END FOR
        IF a blank is on the rack
            FOR every letter L in cross set
                NextTile(pos, L, word, rack - L, NextEdge(edge, L) )
            END FOR
        END IF
    END IF

NextTile(int pos, char L, string word , string rack, int newEdge)
    /*Moving right*/
    IF pos >= 0
        word = word + letter
        IF newEdge is a terminal edge AND no letter directly left
            AND no letter directly right
                Record Word.
        END IF

        IF newEdge is not empty
            GenerateMoves(newEdge, pos+1, word, rack)

            newEdge = NextEdge(newEdge, '?')

            IF newEdge i not empty AND no letter directly right
                GenerateMoves(newEdge, -1, word, rack)
            END IF
        ENDIF

    ELSE
        /*Moving left*/
        word = letter + word

        IF newEdge is a terminal edge AND no letter directly left
            Record Word.
        END IF

        IF newEdge is not empty
            GenerateMoves(newEdge, pos-1, word, rack)
        END IF
    END IF

```

Figur 9: Algoritm för att generera giltiga drag

En konsekvens av att använda en GADDAG, är att ord tas fram flera gånger för ankare som gränsar till varandra i samma rad. Det kan motverkas genom att inte byta riktning om rutan närmast till vänster är ett ankare. Då behöver endast ord som börjar i ankaret och går till höger tas fram eftersom de ord som börjar till vänster redan skapats från det ankaret.

4.3 Delmål 2: Modellera olika spelstilar och personliga egenskaper

4.3.1 Egenskaper

Genom att utgå från mitt eget Scrabblespelande och läsa de artiklar jag refererat till i bakgrundskapitlet identifierade jag tio stycken egenskaper som vore intressanta att försöka spegla hos en AI-spelare.

- Benägenhet att byta bokstavsbrickor. Egenskap som styr hur gärna eller ogärna spelaren byter brickor.
- Benägenhet att spara på jokerbrickorna. Hur försiktig spelaren är med att använda sina jokerbrickor.
- Benägenhet att leta rullningar. Den här egenskapen styr hur duktig spelaren är på att hitta rullningar.
- Bra balans i stället. Beskriver hur bra spelaren är på att balansera sitt ställ med t.ex. en bra blandning av konsonanter och vokaler.
- Undvika upplägg på tre gånger ord. Hur restriktiv spelaren är i att skapa upplägg till motståndaren.
- Spela ut de svåra brickorna Z och C. Hur fokuserad spelaren är på att snabbt spela ut Z och C.
- Styrka i slutspel. Egenskapen beskriver hur bra spelaren hanterar slutspelet.
- Snabbhet. Hur snabbt spelaren ”tänker”, och hur tiden fördelas mellan början av partiet och slutet.
- Stresstålighet. Hur stressad spelaren blir av klockan och hastigheten hos den andra spelaren.
- Ordförråd. Hur stort ordförråd spelaren har.

Jag valde att prioritera några egenskaper som jag anser är grundläggande och extra viktiga för att skapa min AI-spelare. ”Ordlista”, ”Snabbhet”, ”Bra balans i stället”, ”Benägenhet att byta bokstavsbrickor” samt ”Benägenhet att leta rullningar”.

4.3.2 Ordförråd

Vilket ordförråd AI:n behärskar spelar en central roll. När det gäller de svagare AI-nivåerna är en reducerad ordlista den viktigaste aspekten för att skapa en svagare och mer mänsklig spelare.

Min utgångspunkt var att hitta en ordlista som på något sätt representerar ett ”normalt” ordförråd. Vad som är ett normalt ordförråd visade sig dock inte vara någon enkel fråga att svara på, vad jag förstår finns inget svar på den frågan. Nästa strategi var att utgå från mitt eget ordförråd och försöka stämma av mot någon större ordlista men det blev för tidskrävande. En annan idé var att försöka hitta någon lämplig

textmassa och scanna av ord från den. Turligt nog finns det redan andra som gjort det. Ordlistorna jag använt är hämtade från Projekt Runeberg (2010). Orden är insamlade på olika håll bland annat en ordlista som bygger på ord insamlade från nyhetsgruppen swnet.

Jag har från dessa ordlistor skapat två stycken listor att utgå ifrån, en komplett ordlista och en liten ordlista. Först och främst behövs en komplett ordlista, det vill säga en ordlista som representerar alla ord som är godkända. Den används för att verifiera att ett drag är korrekt. Jag använder den också för den ”Övermänskliga” AI:n. Den kompletta ordlistan innehåller 110 290 ord och ord upp till 15 bokstäver, vilket är den teoretiska maxgränsen som går att lägga eftersom brädet är 15x15 rutor stort.

För ”Nybörjare” har jag använt den lilla ordlistan och plockat bort alla ord över åtta bokstäver. Det är ovanligt även för duktiga spelare att lägga ord längre än så, och för en svag spelare ska det vara väldigt osannolikt att lägga rullningar. I denna ordlista saknas en del ord på två bokstäver som finns i den kompletta ordlistan, och som många Scrabblespelare behärskar. Därför har ”Medel” fått en något utökad ordlista, som innehåller alla ord på två bokstäver från den kompletta ordlistan samt alla ord upp till nio bokstäver.

”Nybörjare”-ordlistan innehåller 18 268 ord, och för ”Medel”-ordlistan 22 274. Som synes väsentligt mindre än den kompletta ordlistan. Eftersom orden är insamlade från en nyhetsgrupp på Internet är det till största delen vanliga ord, som många svenskar använder, vilket gör den lämplig för mina syften.

4.3.3 Snabbhet

Snabbhet är en central egenskap för att matcherna ska kännas mera naturliga. Om datorn spelar sekundsnabbt rycks matchen sönder och det påminner lite om matcher mellan människor. Det finns mycket att ta hänsyn till när man ska konstruera en funktion som beräknar hur länge AI:n ska tänka. Hur mycket tid som är kvar, hur länge motståndaren tänkte, hur situation på brädet är, hur många brickor som är kvar. I början när det är få brickor är det färre möjligheter att utvärdera och dragen borde i regel gå snabbare. Dessvärre har jag inte testat ut någon funktion som fungerar bra, så det är en fast betänketid plus slumpfaktor som är implementerat.

4.3.4 Rullningar

För duktiga spelare är nyckeln till att vinna matcher att lägga rullningar. Enligt Sheppard (2002) missar amerikanska proffs 10 till 20 procent av alla potentiella rullningar. En nybörjare lägger i regel inga rullningar och amatörer mer sällan än proffs. Men detta i åtanke så har jag lagt in en begränsning på de två svagare AI-spelarna. ”Nybörjare” har väldigt låg sannolikhet att hitta rullningar, under 5 procent och då har den svårare redan från början genom sitt svagare ordförråd. ”Medel” har 20 procents sannolikhet att lägga potentiella rullningar. Den ”Övermänskliga” missar aldrig en rullning.

4.3.5 Bra balans i stället

Att ha en bra balans i stället är väldigt viktigt för att maximera sina chanser att lägga höga poäng och framför allt rullningar. Man vill ha en någorlunda jämn fördelning mellan vokaler och konsonanter plus att vissa kombinationer av brickor är extra gynnsamma. För att räkna ut vilka kombinationer som är fördelaktiga har många som gjort Scrabbleprogram, t.ex. Sheppard (2002) och Katz-Brown et al. (2005) låtit datorn spela tusentals matcher mot sig själv och spara undan information om vilka

kombinationer av bokstäver som visade sig ge höga snittpoäng i efterkommande drag. Jag har dock inte gjort några sådana omfattande körningar och har ingen data att använda för att utvärdera de brickor som är kvar i stället efter ett ord spelats. Därför tar tyvärr ingen av AI-spelarna hänsyn till vilka brickor de får kvar i stället när de spelar ut ett ord.

4.3.6 Byta brickor

Har man dåliga brickor på handen som ger låg poäng tjänar man ofta på att byta och få bättre chanser nästa drag. För den "Övermänniska" AI:n har jag lagt in en regel som säger att den ska byta bokstäver om det inte finns något ord som ger bättre än 15 poäng. De två övriga spelarna nöjer sig med de bokstäver de har och byter endast om de inte kan hitta något drag över huvud taget.

4.3.7 Övriga egenskaper

Förutom de egenskaper jag gått igenom har "Nybörjare" en slumpfaktor som gör att den bara i cirka 7 procent av fallen hittar det drag som ger mest poäng. Värdet sju procent är ett godtyckligt värde som jag gissar är ett rimligt värde. Syftet är för att försämra snittpoängen per drag. Det skiljer den från de två andra som alltid hittar bästa draget i förhållande till sin ordlista.

De övriga listade egenskaperna har jag inte adresserat närmare.

4.3.8 Implementation

Alla AI-spelarna har varsin evalueringsfunktion som väljer ut ett drag att spela. Att välja ut ett drag sker i tre steg. Först genereras alla giltiga drag med korrekt ordlista. I nästa steg poängsätts alla drag. Den poängsatta listan skickas till respektive evalueringsfunktion som väljer ut ett drag att spela, med hjälp av de beskrivna heuristikerna. Om listan är tom, det vill säga det finns inga giltiga drag så byter datorn alla brickor.

4.3.9 Sammanfattning av datorspelarnas egenskaper

"Övermännisklig" AI:

- Komplet ordlista, 110 290 ord, upp till 15 bokstäver.
- Läger alltid det ord som den anser bäst.
- Missar aldrig en rullning. (Om det inte finns något drag som ger högre poäng vilket är osannolikt)
- Byter alla brickor om det inte finns ett drag som ger mer än femton poäng eller om det inte finns några giltiga drag.
- Snabbhet: Spenderar mellan 10 och 30 sekunder per drag.

"Medel" AI:

- Begränsad ordlista, 22 274 ord. Endast ord upp till nio bokstäver. Behärskar samtliga ord på två bokstäver.
- Sannolikheten för rullning är 20 procent.
- Byter alla brickor endast om det inte finns några giltiga drag.
- Snabbhet: Spenderar mellan 10 och 40 sekunder per drag.

”Nybörjare” AI:

- Begränsad ordlista, 18 268 ord. Endast ord upp till åtta bokstäver. Behärskar ej samtliga ord på två bokstäver.
- Cirka 7 procents chans att hitta bästa ordet, om det finns fler än 15 giltiga ord. Finns det färre ord blir sannolikheten högre.
- Sannolikheten för rullning är under 5 procent.
- Byter alla brickor endast om det inte finns några giltiga drag.
- Snabbhet: Spenderar mellan 25 och 50 sekunder per drag.

4.4 Genomförd undersökning

För att undersöka hur min Scrabble-AI uppfattas har jag genomfört en studie där jag spelat ett antal matcher över Internet, och sedan ställt frågor i två omgångar via mail. Matcherna har spelats på siten Betapet.

Spelare till min undersökning har värvats via Betapets forum där jag postade ett inlägg där jag presenterade mig själv och skrev att jag sökte personer som kan delta i en studie om Scrabble. Presentationsinlägget finns i sin helhet i Appendix A. Personerna jag spelat mot har i förväg endast fått veta att de ska spela en match och svara på några frågor. Jag har inte gjort något urval av de personer som svarat på mitt inlägg, utan kontaktat personerna i den ordning de svarat, och försökt arrangera en match. Aktiviteten i forumet är hög och tråden kom snabbt långt ner på forumsidan vilket jag tror bidrog till att jag endast fick nio stycken svar. Det resulterade i sju stycken genomförda matcher. Två stycken mot varje AI och en kontrollmatch som jag spelade själv. På grund av tidsbrist och att jag inte lyckas få tag på motståndare blev det endast en kontrollmatch där jag spelade själv, hade även där planerat två matcher.

Efter de genomförda matcherna har försökspersonerna fått svara på frågor i två omgångar via mail. Fullständigt frågeformulär finns i Appendix B. Första mailet innehåller öppna frågor om hur de uppfattade matchen. I första ber jag också försökspersonen att uppge ålder, kön och yrke för att få en uppfattning om eventuella likheter i bakgrund mellan försökspersonerna. Andra mailet avslöjar att det kan vara en dator de spelat mot, och undrar om de tror att de spelat mot en dator eller människa.

I tabell Tabell 2 finns en sammanställning över försökspersonerna, som ger en uppfattning om deras Scrabblevana och inbördes skicklighet. Angående ratingen kan man förenklat säga att en rating under 1000 indikerar att man tillhör det sämre skiktet på Betapet och en rating över 2000 bland de bättre. Försöksperson A och B är alltså svaga spelare och Försöksperson G en mycket duktig spelare.

I avsnitt 4.5 finns fakta om de genomförda matcherna och utdrag av svaren från försökspersonerna, med analyser av resultaten. Fullständiga svar från samtliga försökspersoner finns i Appendix C.

	Ungefärligt antal rankade matcher på Betapet	Rating på Betapet avrundat till närmaste hundratal	Spelade mot
Försöksperson A	200	900	Nybörjare-AI
Försöksperson B	60	900	Nybörjare-AI
Försöksperson C	3800	1500	Medel-AI
Försöksperson D	20000	1700	Medel-AI
Försöksperson E	60	1500	Övermänsklig-AI
Försöksperson F	450	1600	Övermänsklig-AI
Försöksperson G	450	2800	Tobias Bellinder

Tabell 2: Sammanställning av försökspersoner

4.5 Analys av undersökningen

I det här avsnittet analyserar jag resultatet av min undersökning. Först analyseras de tre AI-spelarna separat, och sedan gör jag en sammanfattning av hela undersökningen.

För varje AI-spelare presenteras fakta om matcherna, intressanta utdrag från intervju svaren, samt en tolkning av resultaten. Utförlig information om hur matcherna förlöpte finns i Appendix D, där snapshot av slutställningen finns samt matchlogg som visar i vilken följd orden spelades.

4.5.1 Analys av matcherna mot Nybörjare-AI

Match 1	Försöksperson A	Nybörjare-AI
Total poäng	257	245
Snittpoäng per drag	12,9	12,9
Rullningar	0	0
Betänketid per drag i snitt	30 sekunder	37 sekunder

Tabell 3: Fakta match mot försöksperson A

Match 2	Försöksperson B	Nybörjare-AI
Total poäng	208	277
Snittpoäng per drag	11,5	15,3
Rullningar	0	0
Betänketid per drag i snitt	92 sekunder	36 sekunder

Tabell 4: Fakta match mot försöksperson B

Slutpoängen i Scrabblepartier varierar mycket. Det beror på att slumpmomentet när man drar brickor har stor effekt på hur partiet förlöper, och därför är snittpoängen hos en spelare intressant om man ska bedöma dennes skicklighet. För att göra en AI som ska kunna uppfattas som nybörjare är det därför viktigt att snittpoängen hamnar på en lagom låg nivå. Underlaget i den här studien är endast två partier men snittpoängen för de två matcherna blev 261 vilket är relativt lågt och det var ett önskvärt resultat. Det är just för att hålla nere slutpoängen som Nybörjare-AI:n har en slumpfaktor som gör att den endast lägger det bästa ordet i ungefär sju procent av fallen.

Både försöksperson A och B är svaga spelare och matcherna blev ganska jämna med knapp förlust för datorn mot försöksperson A och en ganska klar seger mot försöksperson B.

På frågan huruvida matchen spelats mot en dator eller människa svarar försöksperson A: ”Mot en människa, just för att vi hela tiden spelade på samma nivå. Datorer brukar vara överlägsna tycker jag.” Försöksperson B svarar: ”Svårt att säga. Hade inte reflekterat över möjligheten att en dator kunde spela. Men tecken som tyder på dator är hastigheten och dom ovanliga orden i så fall. Men jag kan inte säga säkert”

Försöksperson A tror att datorn är en människa på grund av att datorn förlorade och fick en låg slutpoäng. Personen verkar inte blivit misstänksam över ovanliga ord eller hastigheten på datorn.

Försöksperson B är osäker men misstänker att det kan vara en dator på grund av betänketiden och några ovanliga ord. Detta är intressant då det var två av de aspekter som jag ansåg vara viktiga för att spela mer mänskligt. Att inte spela för snabbt och lägga ovanliga ord. Datorn använde 36 sekunder per drag vilket inte är supersnabbt, men försöksperson B uppfattar det som snabbt eftersom denne använde hela 92 sekunder i snitt och endast hade några minuter kvar av sin halvtimme efter partiet.

4.5.2 Analys av matcherna mot Medel-AI

Match 3	Försöksperson C	Medel-AI
Total poäng	272	349
Snittpoäng per drag	20,9	24,9
Rullningar	1	1
Betänketid per drag i snitt	10 sekunder	40 sekunder

Tabell 5: Fakta match mot försöksperson C

Match 4	Försöksperson D	Medel-AI
Total poäng	269	454
Snittpoäng per drag	16,8	30,2
Rullningar	0	1
Betänketid per drag i snitt	14 sekunder	44 sekunder

Tabell 6: Fakta match mot försöksperson D

Matcherna mot Medel-AI spelades av två väldigt erfarna och duktiga försökspersoner. Båda blir dock utklassade av datorn, speciellt försöksperson D som förlorar med 185 poäng. 454 är en väldigt hög poäng och Medel-AI bör väldigt sällan uppnå sådana poängssummor mot en duktig motståndare.

Medel-AI har visserligen reducerad ordlista, men den behärskar alla ord på två och tre bokstäver och framför allt så lägger den alltid det ord som ger mest poäng. Det verkar som att det ger en för bättre datorspelare än jag hade tänkt mig, och att Medel-AI:n precis som Nybörjarenivån skulle behöva någon heuristik för att inte alltid välja det drag som ger mest poäng. Kanske skulle även sannolikheten för rullningar behöva minskas eftersom datorn lade en rullning i varje parti, vilket också tyder på gynnsamma brickor i dessa partier.

Det mest uppseendeväckande med de här matcherna är hur fort försökspersonerna spelar. Försöksperson C använder endast 10 sekunder per drag! Det visar på en stil där personen också utnyttjar motståndarens tid väl. Ofta kom dragen sekunds snabbt och var uppenbarligen uttänkta i förväg. En taktik som dock kan vara farlig eftersom motspelaren ändrar förutsättningarna med sitt nya drag, och gör att man kan missa det optimala draget.

Både försöksperson C och D är uppenbarligen vana att spela med betydligt mindre betänketid än en halvtimme. På frågan om varför de förlorade matchen svarar försöksperson C: ”Jag förlorade för att jag har för bråttom” och försöksperson D svarar: ”Okoncentration, normal går för sakta då jag brukar spela panik”.²

Detta visar dock att det finns väldigt olika spelstilar vad det gäller betänketid och här finns utrymme för att ta fram ett antal olika AI-spelare med olika snabbhet.

Vad det gäller huruvida de spelat mot en människa eller dator svarar försöksperson C ”Det var en svår fråga, du la ju ovanliga ord och ibland korta. Skulle gissa människa.”

Precis som försöksperson B noterar försöksperson C några ovanliga ord men tror ändå på en människa. Försöksperson D svarar: ”Svårt att svara på, men skulle tro att det var ett dataprogram,, pga. att det tog sådan tid att tänka och lägga”. Försöksperson D tror alltså att det är en dator med den förvånade motiveringen att datorn tog sådan tid på sig. Min utgångspunkt var ju att det som avslöjar en dator är att den spelar för snabbt, vilken tydligen inte är en självklarhet.

4.5.3 Analys av matcherna mot Övermänsklig-AI

Match 5	Försöksperson E	Övermänsklig-AI
Total poäng	286	471
Snittpoäng per drag	19,0	31,4
Rullningar	0	1
Betänketid per drag i snitt	49 sekunder	29 sekunder

Tabell 7: Fakta match mot försöksperson E

Match 6	Försöksperson F	Övermänsklig-AI
Total poäng	328	349
Snittpoäng per drag	18,2	19,3
Rullningar	0	0
Betänketid per drag i snitt	61 sekunder	30 sekunder

Tabell 8: Fakta match mot försöksperson F

I de både matcherna med den Övermänskliga AI:n hade jag förväntat mig relativt överlägsna segrar för datorn och klara besked från försökspersonerna att de spelat mot en dator. I första matchen blev det så, datorn vann med 185 poäng och försökspersonen tror att det är en dator.

Mot försöksperson F hade däremot datorn dåligt flyt med brickorna och det blev en låst och jämn match. Försökspersonen tror därför att det är en människa.

²Normalparti spelas med en halvtimmes betänketid och panik spelas med tre minuters betänketid

Det är svårt att se någon större skillnad mot Medel-AI trots mycket större ordlista och större chans till rullningar. Det hade behövts fler matcher för att se om det blir någon märkbar skillnad mellan Medel-AI och Övermännisklig-AI.

Övermännisklig-AI har tillgång till alla ord upp till 15 bokstäver och båda försöksperson E och F noterar också att datorn spelar ovanligt många långa ord.

4.5.4 Analys av kontrollmatch

Matchen mot försöksperson G spelade jag själv för att se om jag skulle få avdikande svar när det var en människa istället för en dator som spelade. Det var en ganska normal match så vitt jag kunde avgöra och inte heller försöksperson G kunde avläsa någon taktik hos motståndaren. Kanske hade det varit intressantare om jag använt någon mer extrem taktik som att t.ex. blockera mycket. På frågan om det var en dator eller människa som spelade svarar försöksperson G: ”En människa antar jag. Hade jag spelat mot en dator så hade jag nog förlorat. En dator lägger säkert svårare ord”.

FAKTA	Försöksperson G	Jag
Total poäng	389	365
Snittpoäng per drag	25,9	24,3
Rullningar	0	0
Betänketid per drag i snitt	40 sekunder	68 sekunder

Tabell 9: Fakta match mot försöksperson G

4.5.5 Sammanfattning av undersökning

Jag valde spelare från Betapet för att få en stor variation på spelare. Skillnaderna i försökspersonernas erfarenhet och skicklighet blev ännu större än jag trodde. Även ålder och bakgrund skiljer sig mycket åt med reservation för att svaren är uppriktiga. Försöksperson A, D och E gav inga eller ofullständiga personuppgifter.

Ingen av försökspersonerna i undersökning noterar någon speciell taktik hos datorn. Några noterar att datorn spelar ovanligt många långa ord och bristen på taktik när det gäller att öppna upp för bonusrutor. Att ingen upptäcker någon taktik är ganska naturligt då jag har implementerat en tämligen outvecklad AI utan några taktiska finesser. Om någon av AI-spelarna använt någon extrem taktik hade det kanske blivit andra svar.

En intressant iakttagelse är att det skiljer så mycket i betänketid mellan de mänskliga spelarna. Det påverkar också hur de ser på datorns ”betänketid”. Trots att datorn spelar ungefär lika snabbt beskrivs den som både snabb och långsam. Försöksperson D motiverar att det är en dator för att den är så långsam och försöksperson B tycker tvärtom att snabbheten tyder på att det är en dator. Det är uppenbarligen väldigt relativt vad som uppfattas som snabbt.

Det verkar som snabbheten är en viktig del i en persons spelstil. Jag gjorde ett antagande att nybörjare tänker långsammare än mer rutinerade spelare. I min undersökning spelar också de mest erfararna spelarna snabbast. Det pekar på att mitt antagande kan stämma men det finns stora individuella skillnader. Dock är urvalet så litet att det är svårt att säga något klart. Något som jag inte reflekterat över innan är att spel på Internet kanske leder till snabbare spel.

En sak som många försökspersoner skriver är att datorn lägger långa ord. Att lägga kortare ord skulle kunna vara en åtgärd för att få AI-spelarna att framstå som mer mänskliga.

Lite oväntat misstas alla tre AI-spelare av varsin försöksperson för mänskliga spelare. Jag hade väntat mig det för Nybörjare-AI men var mer oväntat för den Övermänskliga AI:n. Det visar hur svårt det kan vara att avgöra att en dator spel när det blir en sådan låst match och det inte förekommer något väldigt avvikande spel från datorn.

5 Slutsatser

5.1 Resultatsammanfattning

Målet med det här arbetet var att undersöka möjligheten att skapa en mer mänsklig Scrabble-AI. En AI som använder mänskliga taktiker och spelstilar, och som ska vara intressant att spela mot oavsett hur duktig spelare man själv är. Mitt projekt visar att det är relativt enkelt att skapa en datorspelare som kan tas för en mänsklig spelare.

Den enklaste AI:n jag utvecklat blir en relativt svag spelare genom att endast begränsa ordlistan, lägga till en viss betänketid, och förhindra att datorn spelar den högsta poängen. Att besegra datorn, eller att spela jämt med datorn gör att försökspersonerna tror att det är en mänsklig spelare. Det tyder på att det inte krävs så stora åtbörder för att skapa en AI som passar sämre spelare.

För de bättre AI-nivåerna blir bristen på grundläggande taktik hos min AI ett problem. Målet var att implementera en del taktik hos de bättre datorspelarna, men även de högre nivåerna saknar taktiska överväganden. AI:n spelar långa ord, använder jokerbrickorna vårdslöst och öppnar upp bonusrutorna. Dessa brister kan accepteras och vara förståliga hos en nybörjare men bör inte finnas i de mer avancerade nivåerna, för att de ska passera som mänskliga spelare. Det finns helt enkelt för lite parametrar för att kunna skapa olika spelstilar och personligheter.

Att en dator spelar på ett mer mänskligt sätt betyder inte nödvändigtvis att den är rolig eller stimulerande att spela mot. Matcherna mot den sämsta AI:n var jämna, trots att försökspersonerna var ganska svaga spelare. Det är lovande resultat men jag har inte fått något svar på om matcherna uppfattades som roliga.

5.2 Diskussion

Problemet med att skapa en AI i dataspel som är lagom utmanade är ett generellt problem som finns i de flesta spel. I brädspel har fokus ofta legat på att utveckla metoder för att besegra de bästa mänskliga spelarna. Men utvecklingen har kommit så långt att det inte längre är lika intressant att utveckla AI:n ytterligare även om det fortfarande finns utrymme att förbättra Scrabble-AI:n genom t.ex. motståndarmodulering som föreslås av Richards och Amir (2007).

Istället är det en spännande utmaning i flera brädspel att utveckla AI-spelare som fokuserar på andra saker än optimalt spel. Scrabble är ett väldigt populärt brädspel och spelas av alla typer av människor. Att skapa en AI som är utmanade och stimulerade från allt till tioåriga nybörjare till garvade proffs är ett intressant problem, som kräver andra utgångspunkter och metoder än att skapa en så perfekt AI som möjligt.

5.3 Framtida Arbete

En viktig fråga som jag glömde att ställa var om försökspersonerna tyckte att matcherna var roliga att spela. Det är egentligen en ganska central fråga och det skulle vara intressant att få svar på hur många försökspersoner som upplevde matcherna som roliga och i så fall vad det var som gjorde AI:n rolig att spela mot.

För att utveckla AI:n ytterligare är det viktigt att utveckla ordlistorna. T.ex. försöka skapa en ordlista som passar för barn. Ett sätt att skapa ordlistor kan vara att använda

en sökmotor på Internet och mäta hur vanliga ord är, eller att försöka scanna och plocka ut ord ur lämpliga texter eller böcker.

Det vore även intressant att genomföra en större studie på hur människor spelar för att få fram ett bättre faktaunderlag för en Scrabble-AI. Att utvärdera taktiker och studera hur betänketiden används. Hur skiljer sig betänketiden för professionella spelare och spelare på Betapet t.ex.? Vad är medelpoängen i svenska tävlingsmatcher?

Med bättre fakta blir det lättare att identifiera spelstilar som gör att man kan konfigurera olika parametrar och skapa olika personligheter. Mitt arbete utgör en grund för en Scrabble-AI men man behöver bygga in mer personlighet och taktik för att skapa intressant och divergerande motståndare.

Referenser

- Andersson G, Ivansson L. (2009) *Frank version 2.1.1 för Microsoft Windows*. Svenskt Scrabbleprogram. Hämtat 2010-01-20 från ”<http://ivansson.org/Frank/>”.
- Appel, A.W, Jacobson, G. J. (1988) *The world’s fastest Scrabble program*. (sid. 572-578) Communications of the ACM, Volume 31, Issue 5.
- Buro, M. (2002). *Improving heuristic mini-max search by supervised learning*. (sid. 85-99) Artificial Intelligence, Volume 134.
- Betapet. (2010). *Spelsite för svenskscrabble*. “<http://www.betapet.se>”
- Crochemore M, Rytter W. (1994). *Text algorithms*. Oxford University Press, Inc.
- Denscombe M. (2009). *Forskningshandboken – för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. Studentlitteratur.
- Gordon, A.S. (1994) *A Faster Scrabble Move Generation Algorithm*. (sid 219-232) Software-Practice and Experience, Volume 24, Issue 2.
- Hasbro (2010). *Scrabble Plus PC Game*. Dataspel. Hasbro.
- Johnson, S. (2008) *Playing to lose*. Lecture notes from Game Developers Conference 2008. Hämtad 2010-02-04 från “<http://www.designer-notes.com/>”
- Katz-Brown, J. O’Laughlin, J. (2005) *How Quackle plays scrabble*. Hämtad 2010-02-10 från “http://people.csail.mit.edu/jasonkb/quackle/doc/how_quackle_plays_scrabble.html”.
- Koster, R. (2005) *A theory of fun for game design*. Paraglyph Press.
- Projekt Runeberg. (2010) *Ord insamlade från nyhetsgrupperna swnet*. Hämtad 2010-04-11 från ”<http://runeberg.org/words/>”
- Richards, M. Amir, E. (2007) *Opponent Modeling in Scrabble*. (sid. 1482-1487) Proceedings of the Twentieth International Joint Conference on Artificial Intelligence, Hyderabad, India.
- Romero, A. Acufia, F. Ramírez, A. Aguilar, A. Alquézar, R, Hernández E. (2008) *A Heuristic for Scrabble based in Probability*. (sid. 35-40) Proceedings of the 18th European Conference on Artificial Intelligence, Patras, Greece.
- Schaeffer, J. Burch, N. Björnsson, Y. Kishimoto, A. Müller, M. Lake, R. Lu, P. Sutphen, S. (2007) *Checkers is solved*. (sid. 1518-1522) Science.
- Sheppard, B. (2002) *World-Championship-caliber Scrabble*. (sid. 241-275) Artificial Intelligence, Volume 134.
- Svenska Scrabbleförbundet (2010). *Vad är Scrabble?* Hämtad 2010-02-04 från ”<http://www.scrabbleforbundet.se>”.
- Ubisoft (2004). *Chessmaster X för Microsoft Windows*. Dataspel. Ubisoft Entertainment.
- Ubisoft (2009). *Scrabble Interactive 2009*. Dataspel. Ubisoft Entertainment.

6 Appendix

6.1 Appendix A: Presentationsbrev

Hej!

Jag heter Tobias och studerar på Högskolan i Skövde. Jag utför just nu en studie om Scrabble-spelande och behöver spelare som kan hjälpa mig med studien.

Vad jag behöver är personer som kan spela ett parti mot mig här på Betapet och sedan svara på några enkla frågor direkt efter partiet.

Partiet kommer spelas orankat på klassiskt bräde med en halvtimmes betänketid per person.

Det finns inga prestationskrav utan jag söker spelare på alla nivåer.

Informationen om dig kommer att hanteras konfidentiellt och i redovisningen av studiens resultat kommer ingen personlig information att presenteras.

Om du vill vara med i studien svara här på Betapet eller skicka email till ericson_tobias@hotmail.com så återkommer jag med tider när partiet kan spelas.

Tacksam för alla som vill ställa upp!

6.2 Appendix B: Frågeformulär

6.2.1 Första mailet.

Ålder:

Kön:

Yrke / Sysselsättning:

Hur länge har du spelat Scrabble?

Hur tyckte du din motståndare spelade? Verkade denna använda någon speciell taktik?

Var det något speciellt du reagerade på under matchen?

Varför förlorade du matchen?

Övriga eventuella funderingar kring matchen? (Allt är av intresse)

6.2.2 Andra mailet.

Vissa matcher i den här studien spelas mot ett datorprogram jag har utvecklat.

Tror du att du spelade mot en människa eller en dator? Motivera svaret så noggrant som möjligt.

6.3 Appendix C: Fullständiga svar från försökspersoner

6.3.1 Försöksperson A

Ålder:

Kön:

Yrke / Sysselsättning:

Hur länge har du spelat Scrabble?

1 år

Hur tyckte du din motståndare spelade? Verkade denna använda någon speciell taktik?

Nej, spelade snabbt.

Var det något speciellt du reagerade på under matchen?

La ganska långa ord. Bjöd ofta på 3xord-rutor.

Varför vann du?

Bra bokstäver och jämn (lite bättre faktiskt) nivå med motståndaren.

Övriga eventuella funderingar kring matchen? (Allt är av intresse)

Vissa matcher i det här testet spelas mot ett datorprogram vi har utvecklat.

Tror du att du spelade mot en människa eller en dator? Motivera svaret så noggrant som möjligt.

Mot en människa, just för att vi hela tiden spelade på samma nivå. Datorer brukar vara överlägsna tycker jag.

6.3.2 Försöksperson B

Ålder: 31 år

Kön: Man

Yrke / Sysselsättning: Studerande

Hur länge har du spelat Scrabble?

Jag har spelat Scrabble till och från sen tidiga tonåren, dock inte speciellt frekvent.

Hur tyckte du din motståndare spelade? Verkade denna använda någon speciell taktik?

Jag tyckte min motståndare la väldigt långa ord utan så värst mycket flätning och spelade väldigt snabbt. Noterade ingen speciell taktik.

Var det något speciellt du reagerade på under matchen?

Mest att min motspelare spelade fort och la en del obskyra ord. En van spelare uppenbarligen.

Varför förlorade du matchen?

Orutin, lite otur med bokstäverna och en del taktiska misstag. Gäller att utnyttja brädets bonusar. Min motståndare gjorde dock det svårt genom att blockera mycket med sina långa och oinflätade ord.

Övriga eventuella funderingar kring matchen? (Allt är av intresse)

Inget jag reagerade på sådär. Ganska tystlåten motspelare. Det jag mest noterade var som sagt snabbheten i motståndarens spel.

Vissa matcher i den här studien spelas mot ett datorprogram jag har utvecklat.

Tror du att du spelade mot en människa eller en dator? Motivera svaret så noggrant som möjligt.

Svårt att säga. Hade inte reflekterat över möjligheten att en dator kunde spela. Men tecken som tyder på dator är hastigheten och dom ovanliga orden i så fall. Men jag kan inte säga säkert.

6.3.3 Försöksperson C

Ålder: 39 år

Kön: Kvinna

Yrke / Sysselsättning: Butiksbiträde

Hur länge har du spelat Scrabble?

många år i perioder

Hur tyckte du din motståndare spelade? Verkade denna använda någon speciell taktik?

bra spelat verkade tänka lite mer och lägga bra ord, jag kör snabbt och vill gärna rulla.

Var det något speciellt du reagerade på under matchen?

Varför förlorade du matchen?

Jag förlorade för jag har för bråttom.

Övriga eventuella funderingar kring matchen? (Allt är av intresse)

Vissa matcher i den här studien spelas mot ett datorprogram jag har utvecklat.

Tror du att du spelade mot en människa eller en dator? Motivera svaret så noggrant som möjligt.

Det var en svår fråga, du la ju ovanliga ord och ibland korta. Skulle gissa människa.

6.3.4 Försöksperson D

Ålder: 49 år

Kön: kön

Yrke / Sysselsättning: Säljare

Hur länge har du spelat Scrabble?

Sedan 2004-05-20

Hur tyckte du din motståndare spelade? Verkade denna använda någon speciell taktik?

Standardbräde fodrar lite taktik slumpat fodrar mera, tyckte inte motståndare hade någon speciell taktik

Var det något speciellt du reagerade på under matchen?

Nej

Varför förlorade du matchen?

Okoncentration, normal går för sakta då jag brukar spela panik

Övriga eventuella funderingar kring matchen? (Allt är av intresse)

Vissa matcher i den här studien spelas mot ett datorprogram jag har utvecklat.

Tror du att du spelade mot en människa eller en dator? Motivera svaret så noggrant som möjligt.

Svårt att svara på ,men skulle tro att det var ett dataprogram ,, pga att det tog sådan tid att tänka och lägga

6.3.5 Försöksperson E

Ålder: 26

Kön:

Yrke / Sysselsättning:

Hur länge har du spelat Scrabble?

Några år

Hur tyckte du din motståndare spelade? Verkade denna använda någon speciell taktik?

Nej, inte direkt. Spelade ovanligt mycket långa ord

Var det något speciellt du reagerade på under matchen?

Som sagt mycket långa ord, och en del konstiga ord. Öppet spel, inga blockeringar

Varför förlorade du matchen?

Motståndaren spelade för bra,, inte optimala brickor

Övriga eventuella funderingar kring matchen? (Allt är av intresse)

Vissa matcher i den här studien spelas mot ett datorprogram jag har utvecklat.

Tror du att du spelade mot en människa eller en dator? Motivera svaret så noggrant som möjligt.

Är antagligen en dator. Det förklarar alla långa ord och den höga slutpoängen

6.3.6 Försöksperson F

Ålder: 20

Kön: Brud

Yrke / Sysselsättning: Studerande

Hur länge har du spelat Scrabble?

Ungefär ett år

Hur tyckte du din motståndare spelade? Verkade denna använda någon speciell taktik?

Många långa ord, verkar inte dra sig för att lägga upp så jag får bonusrutor.

Var det något speciellt du reagerade på under matchen?

Ofta upplägg så jag fått ta tre gånger bokstav/ord-rutorna.

Varför förlorade du matchen?

Otur med bokstäverna och fick byta, gick lite minus på det.

Övriga eventuella funderingar kring matchen? (Allt är av intresse)

Vissa matcher i den här studien spelas mot ett datorprogram jag har utvecklat.

Tror du att du spelade mot en människa eller en dator? Motivera svaret så noggrant som möjligt.

En människa. Förlorade med lite mer än 20 poäng bara.

6.3.7 Försöksperson G

Ålder: 62 år

Kön: Kvinna

Yrke / Sysselsättning: Leg sjuksköterska

Hur länge har du spelat Scrabble?

Drygt 4 år

Hur tyckte du din motståndare spelade? Verkade denna använda någon speciell taktik?

Nej, ingen speciell

Var det något speciellt du reagerade på under matchen?

Nej, inte vad jag märkte. Han tog mer tid på sig...

Varför vann du matchen?

Matchen var ganska jämn. Jag är kanske en mer rutinerad spelare?

Övriga eventuella funderingar kring matchen? (Allt är av intresse)

Han blockerade inte. Det gjorde inte jag heller.

Vissa matcher i den här studien spelas mot ett datorprogram jag har utvecklat.

Tror du att du spelade mot en människa eller en dator? Motivera svaret så noggrant som möjligt.

En människa antar jag. Hade jag spelat mot en dator så hade jag nog förlorat. En dator lägger säkert svårare ord.

6.4 Appendix D: Slutställning och matchloggar från genomförda matcher

Matchloggarna visar i vilken ordning dragen spelats. Först anges vem som spelat. Försökspersonerna anges som FA för försöksperson A, FB för försöksperson B och så vidare. Datorspelaren anges som PC. Övriga fält är i ordning: poäng, koordinat och ord. Stor bokstav i ett ord betyder jokerbricka. I t.ex cApe är A en jokerbricka. Ordet ”Rullning” i ordfältet betyder att en rullning är utfördes. PASS / BYTE betyder att försökspersonen eller datorn passade eller bytte brickor.

6.4.1 Match mot försöksperson A

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	3x Ord			2x Bok		T ₁		3x Ord			M ₂	I ₁	N ₁	S ₁	T ₁
B		2x Ord				E ₁		D ₁		3x Bok			E ₁	2x Ord	U ₄
C			2x Ord		T ₁	V ₃	Ä ₃	R ₁	T ₁		R ₁		J ₇		R ₁
D	2x Bok			2x Ord		E ₁		U ₄		G ₂	Å ₄	R ₁	D ₁		F ₃
E					2x Ord		S ₁	L ₁	U ₄	R ₁	K ₂			S ₁	
F		3x Bok		C ₈			3x Bok			Å ₄				L ₁	
G			2x Bok	A			B ₄	L ₁	O ₂	T ₁	A ₁		H ₂	Ö ₄	G ₂
H	M ₂	O ₂		P ₄				Y ₇		T ₁	R ₁	E ₁	A ₁		A ₁
I		S ₁	N ₁	E ₁	D ₁		O ₂	X ₈	E ₁		M ₂		V ₃		P ₄
J		S ₁			O ₂	F ₃	R ₁	I ₁		3x Bok		H ₂	A ₁	N ₁	
K					L ₁			G ₂			2x Ord	Ö ₄			
L	2x Bok		B ₄	E ₁	S ₁	T ₁		2x Bok				S ₁	A ₁	N ₁	D ₁
M			A ₁		K ₂	Ö ₂	R ₁	D ₁	2x Bok			T ₁	2x Ord	Ä ₃	
N		2x Ord	N ₁	I ₁		A ₁		I ₁		3x Bok				S ₁	
O	L ₁	I ₁	K ₂	2x Bok				A ₁	N ₁			2x Bok			3x Ord

Figur 10: Slutställning från match mot försöksperson A

FA:	32	G8	lyx
PC:	14	G7	blot
FA:	14	I7	oxe
PC:	19	G8	lyxig
FA:	16	D10	gråt
PC:	18	E7	slurk
FA:	11	J6	fri
FA:	3	I7	or

PC: 14 I5	dolsk
PC: 7 J5	ofri
FA: 16 D10	gård
FA: 6 D11	åk
PC: 14 L3	best
FA: 7 C11	råk
PC: 16 L3	bank
FA: PASS /	BYTE
PC: 12 O1	lik
FA: 4 M5	kör
FA: 1 L6	tö
PC: 5 H10	trea
PC: 9 D10	grått
FA: 11 G13	hav
PC: 20 A13	nejd
FA: 21 A11	minst
PC: 4 G11	arm
PC: 9 G7	blota
FA: 11 B8	drul
PC: 8 E14	slö
PC: 6 G13	hö
FA: 4 L6	töa
PC: 12 A15	turf
FA: 5 I2	sned
PC: 9 M8	dia
PC: 4 M5	körd
FA: 12 H1	mo
FA: 3 H2	os
PC: 6 J12	han
PC: 7 G13	hava
FA: 6 H2	oss
PC: 17 F4	cApe
FA: 21 G15	gap
FA: 8 G13	hög
PC: 13 C5	tvärt
FA: 16 J12	höst
PC: 8 A6	teve
FA: 5 L12	sand
PC: 4 L14	nä
FA: 10 L14	näs
PC: 2 N3	ni
FA: 2 O8	an

Figur 11: Matchlogg från match mot försöksperson A

6.4.2 Match mot försöksperson B

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	3x Ord			2x Bok		F ₃	E ₁	3x Ord				2x Bok			3x Ord
B		2x Ord		B ₄		L ₁				3x Bok				2x Ord	
C			N ₁	Ä ₃	T ₁	A ₁	2x Bok		2x Bok				2x Ord		
D	2x Bok	S ₁	A ₁	2x Ord		X ₈		2x Bok	B ₄	U ₄		T ₁			2x Bok
E	N ₁	I ₁	V ₃	Ä ₄	2x Ord			M	Ä ₃	T ₁	R ₁	E ₁	S ₁	S ₁	
F	E ₁	K ₂		S	T ₁	O ₂				3x Bok		T ₁	I ₁	O ₂	
G	D ₁		2x Bok			S ₁	K ₂	E ₁	N ₁			R ₁	2x Bok		T ₁
H	3x Ord			2x Bok				L ₁	U ₄	F ₃	T ₁	A ₁		H ₂	Y ₇
I			2x Bok				2x Bok		2x Bok		E ₁		T ₁	A ₁	G ₂
J	Ö ₄	3x Bok		R ₁	Å ₄	D ₁		O ₂	R ₁	3x Bok	R ₁			C ₈	
K	D ₁		N ₁	O ₂	D ₁			A ₁		S ₁	M ₂	O ₂	L ₁	K ₂	
L	E ₁	L ₁		P ₄	R ₁	I ₁	N ₁	S ₁		L ₁		2x Ord	E ₁		2x Bok
M		Ö ₄	2x Ord		A ₁		2x Bok		M ₂	I ₁	M ₂		V ₃		
N		J ₇			G ₂	N ₁	U ₄			P ₄				2x Ord	
O	S ₁	A ₁	R ₁	G ₂	A ₁		H ₂	I ₁	R ₁	S ₁		2x Bok			3x Ord

Figur 12: Slutställning från match mot försöksperson B

FB: 18 H8 luft
 PC: 8 G6 sken
 PC: 2 G8 el
 PC: 6 G9 nu
 FB: 12 D12 tetra
 FB: 11 H8 lufta
 PC: 16 E8 Mätress
 FB: 8 D9 bu
 FB: 7 D9 bä
 FB: 5 D10 ut
 PC: 10 H11 term
 FB: PASS / BYTE
 PC: 15 K10 slip
 PC: 3 K10 sm

FB: 7 M9 mim
PC: 15 O7 hirs
PC: 8 K10 slips
FB: 9 N5 gnu
FB: 6 N7 uh
PC: 12 K5 draga
FB: 24 O1 sarga
PC: 8 J4 råd
PC: 10 J5 ådraga
FB: 7 F4 sto
FB: 7 F6 os
PC: 18 L4 prins
FB: 4 K3 nod
FB: 7 J4 rop
PC: 8 F12 tio
PC: 2 E13 si
PC: 7 E14 so
FB: 9 E1 nivå
FB: 4 E4 ås
PC: 8 D2 sik
FB: 3 E1 ned
FB: 3 F1 ek
PC: 26 L2 löja
FB: 7 J1 öde
FB: 3 L1 el
PC: 10 C3 nav
PC: 2 D2 sa
FB: 8 K10 smolk
PC: 27 I14 ack
FB: 5 I13 tag
PC: 10 K13 lev
FB: 30 G15 tyg
PC: 9 H14 hy
PC: 13 H14 hack
FB: 6 C3 näta
PC: 15 A6 flax
FB: 4 J8 oas
PC: 3 J8 or
FB: 2 A6 fe
PC: 7 B4 bä

Figur 13: Matchlogg från match mot försöksperson B

6.4.3 Match mot försöksperson C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	3x Ord			2x Bok	F ₃	R ₁	O ₂	T ₁	T ₁	E ₁	R ₁	A ₁		H ₂	3x Ord
B		M ₂				3x Bok		J ₇		N ₁	Å ₄	G ₂	R ₁	A ₁	
C	L ₁	O ₂	2x Ord				S ₁	O ₂	2x Bok				2x Ord	K ₂	
D	Å ₄	R ₁		S ₁	L ₁	Ä ₃	T ₁	2x Bok				2x Ord	S ₁	I ₁	K ₂
E	S ₁	A ₁			Ö ₄		U ₄		Z ₁₀		2x Ord			G ₂	
F		L ₁	U ₄	P ₄	P ₄	3x Bok	G ₂		O ₂	S ₁					3x Bok
G			T ₁				A ₁	L ₁	N ₁				2x Bok		
H	R ₁	Y ₇	S ₁	A ₁	R ₁	E ₁		I ₁				2x Bok			3x Ord
I			E ₁				2x Bok	C ₈	2x Bok				2x Bok		
J		3x Bok				N ₁		E ₁		3x Bok				3x Bok	
K			H ₂		B ₄	E ₁		N ₁	Ä ₃	S ₁	T ₁		M ₂	A ₁	D ₁
L	K ₂	L ₁	I ₁	T ₁	O ₂	R ₁	I ₁	S ₁		V ₃		F ₃	U ₄	X ₈	2x Bok
M	R ₁	E ₁	N ₁		T ₁	V ₃	2x Bok		L ₁	I ₁	D ₁	E ₁	R ₁		
N	A ₁	N ₁					3x Bok			D ₁				2x Ord	
O	M ₂			2x Bok				D ₁	Ö ₄	D ₁	A ₁		2x Bok		3x Ord

Figur 14: Slutställning från match mot försöksperson C

PC: 28 G8 licens
 FC: 11 C7 stuga
 FC: 3 G7 al
 PC: 50 L1 Rullning
 PC: 22 L1 kLitoris
 FC: 14 E9 zon
 FC: 4 G7 aln
 PC: 18 L1 kram
 FC: 8 J6 nerv
 PC: 30 A8 tjo
 PC: 3 C7 so
 FC: 8 K3 hin
 PC: 4 L2 len
 PC: 3 M1 ren
 PC: 4 N1 an
 FC: 12 K8 näst

PC: 8 K10 svid
FC: 12 D4 slät
PC: 12 M9 lider
FC: 18 D5 löp
PC: 21 O7 döda
PC: 7 K10 svida
FC: 12 F3 upp
PC: 18 B2 moral
PC: 15 F2 lupp
FC: 50 A5 Rullning
FC: 11 A5 frottera
PC: 14 K5 bot
PC: 10 K5 be
PC: 4 M5 tv
FC: 30 L12 fux
FC: 8 L12 fe
FC: 5 L13 ur
PC: 22 B10 några
PC: 4 A10 en
PC: 4 A11 rå
PC: 3 A12 ag
FC: 9 F3 utse
PC: 10 C1 lås
PC: 3 C1 lo
PC: 9 D1 år
PC: 2 E1 sa
FC: 39 H1 rysare
PC: 4 K13 mad
PC: 7 K13 mur
PC: 9 K14 ax
FC: 8 A14 hakig
PC: 6 D13 sik

Figur 15: Matchlogg från match mot försöksperson C

6.4.4 Match mot försöksperson D

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	D ₁			2x Bok				3x Ord				2x Bok			3x Ord
B	U ₄	2x Ord	F ₃			3x Bok				3x Bok				2x Ord	
C	S ₁	T ₁	A ₁	B ₄	I ₁	L ₁	2x Bok		2x Bok				2x Ord		
D	Ö ₄		L ₁	A ₁	N ₁		V ₃	2x Bok				2x Ord			2x Bok
E	R ₁			L ₁	I ₁	N ₁	D ₁				2x Ord				
F		R ₁				Y ₇				3x Bok				Z ₁₀	
G		O ₂	K ₂	Ä ₃	N ₁	S ₁	L ₁	I ₁	G				F ₃	E ₁	T ₁
H	D ₁	U ₄	N ₁	2x Bok			Ä ₃	G ₂	O ₂			2x Bok		B ₄	U ₄
I		G ₂	E ₁		S ₁	T ₁	R ₁	Å ₄	2x Bok		M ₂	C ₈	2x Bok	R ₁	
J		E ₁	P ₄		T ₁	Ö ₄		R ₁	I ₁	V ₃	A ₁		S ₁	A ₁	
K				H ₂	A ₁				T ₁		G ₂	O ₂	T ₁		M ₂
L	2x Bok		S ₁	I ₁	D ₁			2x Bok			E ₁	X ₈	A ₁		O ₂
M			P ₄	R ₁			2x Bok		2x Bok			E ₁	R ₁		S ₁
N		N ₁	E ₁	D ₁	E ₁	R ₁	S ₁	T ₁		3x Bok			K ₂	O ₂	S ₁
O	M ₂	Å ₄	L ₁	2x Bok	K ₂			A ₁	J ₇			2x Bok			A ₁

Figur 16: Slutställning från match mot försöksperson D

FD: 14 H7 ägo
 PC: 6 I7 rå
 PC: 5 H7 är
 PC: 6 H8 gå
 FD: 11 J8 riv
 FD: 7 H8 går
 PC: 12 I11 mage
 PC: 6 J8 riva
 FD: 22 K12 oxe
 FD: 4 K11 go
 FD: 18 L11 ex
 PC: 13 I6 tö
 PC: 6 I6 trä
 FD: 50 G3 Rullning
 FD: 12 G3 känslig
 FD: 6 G7 lär

FD: 8 G8 igår
FD: 2 G9 Go
PC: 8 I5 stad
PC: 7 I5 strå
PC: 5 J5 tö
FD: 14 F2 rouge
FD: 11 G2 okänslig
PC: 15 H1 du
FD: 23 E6 nys
PC: 6 E4 lin
FD: 9 G3 knep
FD: 6 H1 dun
FD: 4 I2 ge
FD: 5 J2 ep
PC: 12 C4 bal
FD: 10 K4 hird
FD: 3 K4 ha
FD: 4 L4 id
PC: PASS / BYTE
FD: 12 L3 spe
FD: 3 L3 sid
FD: 10 M3 pr
FD: 2 N3 ed
PC: 18 O1 mål
PC: 6 L3 spel
FD: 18 N2 nederst
FD: 10 N2 nå
PC: 24 O8 aj
PC: 6 N8 ta
FD: 12 J13 stark
FD: 5 K11 got
FD: 10 L11 exa
FD: 4 M12 er
PC: 10 N13 kos
FD: 39 F14 zebra
FD: 4 J13 sa
PC: 15 G15 tu
PC: 2 G14 et
PC: 24 H14 bu
FD: 27 K15 mossa
PC: 14 C1 stab
FD: 45 A1 dusör
PC: 16 I11 mc
FD: 9 C1 stabil

PC: 5 B3 fal
PC: 2 D3 la
FD: 3 D3 lan
FD: 3 C5 ini
FD: 8 G13 fet
FD: 4 D7 vd
FD: 4 E4 lind
FD: 2 J9 it

Figur 17. Matchlogg från match mot försöksperson D

6.4.5 Match mot försöksperson E

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	E ₁	N ₁	B ₄	O ₂				3x Ord				2x Bok	P ₄	I ₁	R ₁
B		2x Ord	Ä ₃			3x Bok				3x Bok			U ₄	T ₁	E ₁
C			R ₁				Z ₁₀		O ₂	R ₁	D ₁		D ₁		S
D	2x Bok		R ₁	2x Ord	F ₃	L ₁	O ₂	C ₈	K ₂			S ₁	E ₁	S ₁	Ä ₄
E			E ₁		R ₁		N ₁				H ₂	A ₁	L ₁		R ₁
F		Ä ₃	M ₂	L ₁	I ₁	G ₂			T ₁	Ö ₄	A ₁			G ₂	
G			2x Bok		G ₂		2x Bok		Ä ₄	S ₁	N ₁	A ₁	2x Bok	L ₁	
H	3x Ord			B ₄	E ₁	S ₁	I ₁	T ₁	T ₁	A ₁		S ₁	K ₂	Y ₇	A ₁
I		P ₄	U ₄	H ₂			2x Bok		2x Bok				2x Bok	T ₁	
J		U ₄				O ₂	M ₂				3x Bok			T ₁	V ₃
K		N ₁		F ₃	I ₁	S ₁	S ₁					2x Ord			A ₁
L	2x Bok	K ₂		I ₁				2x Bok					2x Ord		N ₁
M		T ₁	E ₁	S ₁			2x Bok		2x Bok				2x Ord		D ₁
N	V ₃	A ₁	X ₈	A ₁	R ₁	T ₁	A ₁	D ₁		Ö ₄	R ₁	N ₁		2x Ord	
O	M ₂			2x Bok				J ₇	O ₂	D ₁		2x Bok			3x Ord

Figur 18: Slutställning från match mot försöksperson E

PC: 50 H4 Rullning

PC: 28 H4 besitta

FE: 11 G9 åsna

FE: 9 G9 åt

FE: 2 G10 sa

PC: 36 H12 skya

PC: 3 G12 as

FE: 10 I3 uh

FE: 6 H4 bh

PC: 42 I2 punkta

PC: 10 I2 puh

FE: 15 N1 vm

FE: 4 N1 va

PC: 18 F14 glytt

FE: 18 M3 ex

FE: 4 M2 te

FE: 12 N1 vax
PC: 10 K4 fisA
PC: 3 M2 tes
PC: 12 N1 vaxA
FE: 12 K4 fiss
PC: 14 F9 töa
PC: 6 F9 tåt
PC: 14 F10 ösa
PC: 2 F11 an
FE: 8 E11 hal
FE: 8 E11 han
PC: 22 D12 seså
PC: 4 D12 sa
PC: 2 D13 el
FE: 8 J6 om
FE: 7 J6 os
FE: 3 J7 ms
PC: 22 A13 pudel
FE: 4 A14 it
FE: 5 A13 pi
FE: 10 B13 ut
PC: 21 A15 reSår
PC: 18 A13 pir
PC: 6 B13 ute
FE: PASS / BYTE
PC: 18 N1 vaxartad
FE: 30 O8 jod
FE: 24 N8 dj
PC: 16 D5 frige
FE: 24 D5 flock
PC: 19 F2 ämliq
FE: PASS / BYTE
PC: 23 C7 zon
FE: 14 N10 örn
FE: 13 N10 öd
PC: 24 A3 bärrem
FE: 6 C9 ord
FE: 6 C9 ok
PC: 30 A1 enbo
FE: 7 J15 vand
FE: 4 J14 tv

Figur 19: Matchlogg från match mot försöksperson E

6.4.6 Match mot försöksperson F

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
A	D ₁	E ₁	I ₁	S ₁	T ₁			S ₁				2x Bok			O ₂	
B		R ₁		V ₃		S ₁	K ₂	A ₁	M ₂	3x Bok				I ₁	S ₁	
C			R ₁	A ₁	M ₂	M ₂	2x Bok	T ₁	U ₄	P ₄	E ₁		2x Ord	N ₁		
D	2x Bok	H ₂	U ₄	J ₇			D ₁	Y ₇	R ₁		P ₄	A ₁	F ₃	F ₃	2x Bok	
E		E ₁	T ₁		2x Ord	L ₁	E ₁	R ₁	A ₁		I ₁			I ₁		
F		S ₁	A ₁		T ₁	O ₂	N ₁			Ö ₄	K ₂			X ₈		
G	Å ₄	S ₁	2x Bok				2x Bok		2x Bok	R ₁			B ₄			
H	T ₁			2x Bok				B ₄	I ₁	L ₁	D ₁	N ₁	I ₁	N ₁	G ₂	
I			2x Bok				R ₁	O ₂	T ₁	A ₁			L ₁			
J		3x Bok				N ₁	O ₂	G ₂		3x Bok			D ₁	Ö ₄		
K				G ₂	R ₁	Ä ₃	V ₃		H ₂	E ₁	K ₂	T ₁	A ₁	R ₁		
L	2x Bok		L ₁	O ₂				2x Bok	Ä ₃			2x Ord		E ₁	L ₁	
M			2x Ord				2x Bok		C ₈				2x Ord		U ₄	
N		2x Ord					3x Bok			K ₁	3x Bok			Å ₄	S ₁	
O	3x Ord			2x Bok				3x Ord	A ₁				Z ₁₀	E ₁	S ₁	T ₁

Figur 20: Slutställning från match mot försöksperson F

FF: 10 H8 bi
 PC: 15 F10 örla
 PC: 6 H8 bil
 FF: 14 D11 pik
 FF: 6 F10 ök
 PC: 22 D11 paff
 FF: 7 I7 rota
 FF: 6 H8 bo
 FF: 3 H9 it
 PC: PASS / BYTE
 FF: PASS / BYTE
 PC: 14 C8 tupe
 PC: 8 C11 epik
 FF: 15 D8 yr
 FF: 15 C8 ty
 FF: 5 C9 ur

PC: 33 A8 satyr
FF: 2 D7 de
FF: 9 D7 dyr
FF: 2 E7 er
PC: 8 B6 skam
PC: 7 B9 mur
FF: 4 E6 lera
FF: 8 B9 mura
PC: 12 C3 ramm
PC: 3 B6 sm
FF: 26 A4 svaj
PC: 36 H8 bildnIng
FF: 7 C3 ruta
FF: 11 D3 uj
PC: 7 D2 hess
PC: 13 D2 huj
PC: 2 E2 et
PC: 4 F2 sa
FF: 11 G13 bild
PC: 14 J14 öre
PC: 13 J13 dö
FF: 24 L15 lust
FF: 3 L14 el
PC: 15 G1 åt
PC: 5 G1 ås
FF: 23 O12 zest
PC: 10 N14 ås
PC: 10 N14 ås
FF: 7 J6 nog
FF: 3 I7 ro
FF: 8 H8 bog
PC: 15 A1 deist
FF: 28 D14 fix
PC: 28 B14 infix
FF: 8 F5 ton
FF: 7 E6 lo
FF: 3 D7 den
PC: 18 K4 gräv
PC: 4 J6 nä
PC: 6 I7 rov
FF: 9 A15 os
FF: 2 B14 is
PC: 16 K9 hektar
PC: 7 G13 bilda

FF: 6 L3 lo
FF: 8 K4 go
PC: PASS / BYTE
FF: 22 K9 häcka
PC: PASS / BYTE
FF: 4 A2 er

Figur 21: Matchlogg från match mot försöksperson F

6.4.7 Match mot försöksperson G

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	3x Ord			2x Bok				H ₂				2x Bok			S ₁
B		2x Ord				3x Bok		Ä ₃		3x Bok				F ₃	E ₁
C			2x Ord		N ₁		2x Bok	L ₁	2x Bok		S ₁	T ₁	R ₁	A ₁	X ₈
D	2x Bok			D ₁	E ₁			F ₃	I ₁	N ₁	T ₁	A ₁		L ₁	A ₁
E			M ₂	E ₁	J ₇	A ₁		T ₁		R ₁				L ₁	
F		V ₃	O ₂	M ₂		Z ₁₀				R ₁	Ö ₄				3x Bok
G		O ₂	S ₁		R ₁	E ₁	V ₃		2x Bok	O ₂			2x Bok		
H	P ₄	M		T ₁	Å ₄	R ₁	I ₁	G ₂		T ₁	R ₁	I ₁	G ₂	G ₂	A
I	I ₁		D ₁	U ₄			D ₁	O ₂	P ₄	A ₁			2x Bok		
J		B ₄	E ₁	N ₁		Ö ₄				3x Bok		T ₁	E ₁	3x Bok	
K		H ₂		N ₁	Y ₇	S ₁	S ₁				S ₁	I ₁	K ₂		
L	2x Bok		S ₁	A ₁	L ₁	T ₁	A ₁	2x Bok				C ₈	D ₁		2x Bok
M		D ₁	Å ₄				K ₂	O ₂	2x Bok		E ₁		2x Ord		
N		U ₄	T ₁			3x Bok		B ₄	R ₁	U ₄	N ₁	N ₁		2x Ord	
O	K ₂	R ₁	A ₁	M ₂				S ₁				Ä ₃			3x Ord

Figur 22: Slutställning från match mot försöksperson G

Matchen mot kontrollperson G spelades inte mot datorn och därför finns ingen matchlogg.