

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI SCIENZE
Corso di Laurea in Informatica

ESPLORAZIONE
DELL'ALBERO DI GIOCO
DELLA DAMA CINESE

Relatore:
Chiar.mo Prof.
Pietro Di Lena

Presentata da:
Li Xu

Sessione II
Anno Accademico 2024/2025

Abstract

Il gioco della Dama Cinese offre un contesto ideale per studiare il comportamento di algoritmi decisionali basati su alberi di gioco, in particolare il Minimax, tipico dei giochi a somma zero. In questo elaborato sono stati implementati e analizzati diversi algoritmi per la scelta ottimale delle mosse con l'obiettivo di ridurre il numero di nodi esplorati e migliorare le prestazioni del processo decisionale. A partire dall'implementazione del Minimax base, sono stati introdotti successivamente:

- il taglio alfa-beta (alpha-beta pruning),
- l'uso di tabelle hash per la memorizzazione degli stati visitati,
- il move ordering, insieme ad altri accorgimenti specifici per la Dama Cinese, non ancora documentati in letteratura.

Il lavoro prosegue con l'estensione dell'algoritmo a scenari con più di due giocatori, implementando e confrontando le versioni Paranoid e MaxN (estensione del Minimax al caso multi-giocatore). Sono presentati i risultati sperimentali relativi al numero di nodi esplorati, alle tabelle memorizzate e ai cut-off individuati durante l'esplorazione dell'albero di gioco, su partite simulate con parametri modulari e tabelloni di dimensione crescente.

Indice

1	Regole	1
1.1	Muovere una pedina	2
1.2	Regole aggiuntive	3
2	Implementazione	5
2.1	Tabellone	5
2.2	Albero di gioco	7
2.3	Opportunità cut-off	8
2.4	Ciclicità del gioco	12
2.5	Tabelle hash, ciclicità del gioco, pareggio per limite di turni	15
2.6	Applicazione regole aggiuntive	18
2.7	Move Ordering	21
2.8	Sviluppi futuri	23
	Bibliografia	24
3	Appendice: Risultati	25
3.1	Modello Base: No regole aggiuntive, no move ordering, no tabelle	29
3.2	Modello Tables: Tabelle, no regole aggiuntive, no move ordering	36
3.3	Modello SpecialRules: Regole aggiuntive, tabelle, no move ordering	43
3.4	Modello MoveOrdering: Move Ordering, regole aggiuntive, tabelle	50

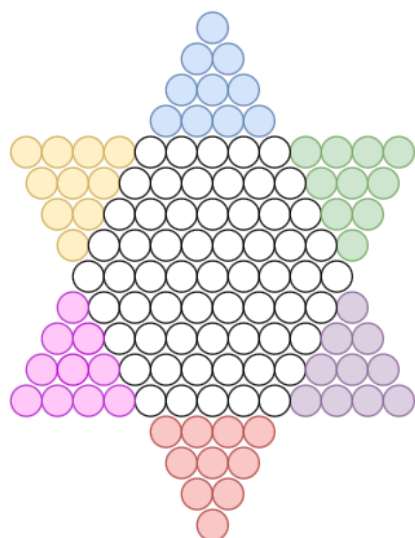
Capitolo 1

Regole

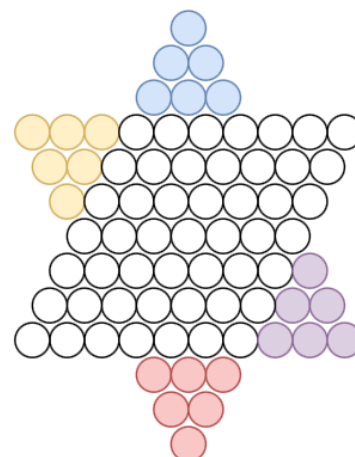
La Dama Cinese¹ è un gioco da tavolo strategico da 2-3-4-6 giocatori che si gioca su un peculiare tabellone a forma di stella a sei punte. Ogni giocatore occupa con le sue pedine uno dei triangoli che segna la sua zona iniziale. Lo scopo del gioco è essere il primo giocatore a spostare tutte le proprie pedine attraverso il tabellone fino al triangolo opposto da quello iniziale. Il gioco presenta informazione perfetta: tutti i giocatori hanno conoscenza delle informazioni necessarie per poter pianificare la loro strategia.

Il tabellone standard prevede l'utilizzo di 10 pedine per giocatore; per approcciare l'analisi dell'albero di gioco a partire da configurazioni più semplici verranno considerati tabelloni adattati a 6-3-1 pedine per giocatore. La figura 1.1 mostra alcune disposizioni possibili per numero di giocatori e numero di pedine

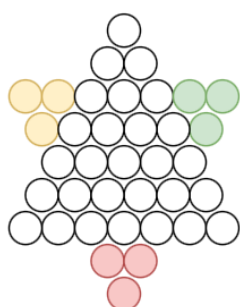
¹Conosciuta in origine come Stern-halma, una variante del gioco Halma con un tabellone a stella da cui proviene il termine tedesco Stern. L'associazione asiatica è stata puramente una scelta di marketing



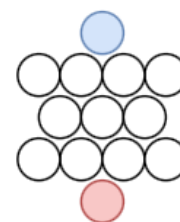
(a) Tabellone 6 giocatori, 10 pedine



(b) Tabellone 4 giocatori, 6 pedine



(c) Tabellone 3 giocatori, 3 pedine



(d) Tabellone 2 giocatori, 1 pedina

Figura 1.1: Esempi di disposizioni iniziali in base a numero di giocatori e pedine

1.1 Muovere una pedina

I giocatori si alternano muovendo una sola pedina del proprio colore per turno procedendo in senso orario [1] [2]. In un turno, una pedina può essere semplicemente spostata in un foro adiacente (figura 1.2) oppure può eseguire uno o più salti sopra altre pedine.

Ogni salto si effettua muovendosi sopra una pedina adiacente e atterrando nel foro libero immediatamente oltre la direzione della pedina che si sta scavalcando. Ogni salto può essere eseguito sopra una qualsiasi pedina adiacente, che sia del giocatore stesso o di

un avversario. Più salti possono effettuati nello stesso turno, anche cambiando direzione purché rimangano spostamenti validi (figura 1.3). È possibile scegliere una qualsiasi posizione valida ottenuta da salti o movimenti adiacenti (figura 1.4) per concludere il turno spostando una singola pedina. Nel caso non esistano mosse legali eseguibile nel turno corrente, il giocatore è costretto a saltare il turno.

Le pedine non vengono mai rimosse dal tabellone ed è possibile spostarle avanti e indietro, sia tramite spostamenti adiacenti o salti. Questa libertà di movimento sottolinea la natura non aciclica del gioco, per cui un giocatore può effettuare mosse che lo portano in posizioni precedenti e cancellare i progressi effettuati, complicando l'analisi del gioco. Il raggio di movimenti possibili inoltre dipende dalla disposizione attuale delle pedine nel tabellone: una pedina in una specifica posizione può avere nuove posizioni disponibili da un turno all'altro. Ad esempio una pedina nella base iniziale verso la conclusione della partita può potenzialmente effettuare un salto fino al traguardo finale se le pedine lo predispongono.

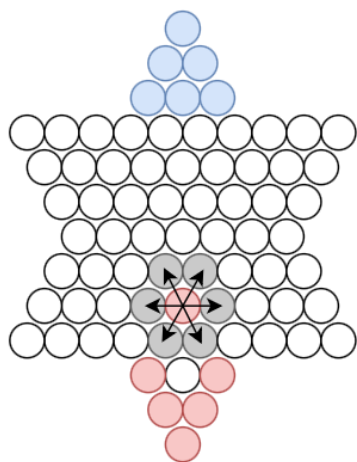


Figura 1.2: Movimenti adiacenti di una pedina

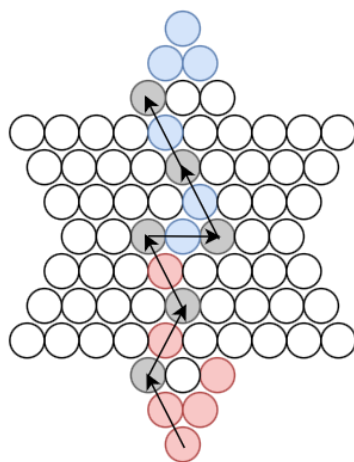


Figura 1.3: Salti possibili di una pedina

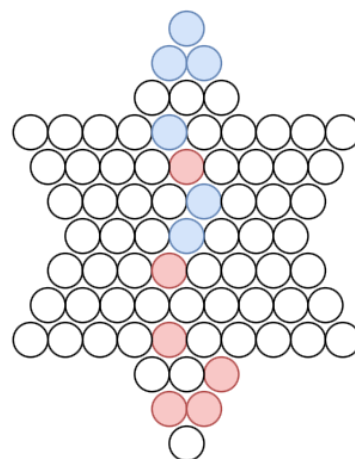


Figura 1.4: Turno concluso per giocatore rosso con posizione valida

1.2 Regole aggiuntive

In assenza di regole standard o tornei ufficiali per definire un set di istruzioni per gestire situazioni di gioco particolari, per questo lavoro sono state prese in considerazione al-

cune regole aggiuntive che serviranno ad escludere dal gioco situazioni eccezionali la cui validità verrebbe discussa a priori dai giocatori.

1. Per evitare situazioni in cui un giocatore non può vincere perché una pedina avversaria occupa uno dei fori nel triangolo di destinazione, un giocatore vince nel caso in cui tutte le posizioni all'interno del triangolo di traguardo sono occupati ed è presente almeno una delle sue pedine [3] (figura 1.5)
2. Quando una pedina ha raggiunto il triangolo opposto non può più uscirne: può solo muoversi all'interno di quel triangolo. Una volta che una pedina lascia la sua area iniziale non può tornare indietro, per cui un giocatore non causa la sua sconfitta riempiendo la sua zona di partenza e soddisfacendo le condizioni di vittoria dell'avversario opposto (figura 1.6)
3. Le basi appartenenti a nessun giocatore non sono accessibili per far sostare le pedine. Una pedina non può sostare in un triangolo che rappresenta la zona iniziale o di traguardo di un altro giocatore, eccetto il suo opposto: è possibile attraversare questi fori liberi come zona di passaggio durante i salti, senza possibilità quindi di lasciare in sosta la pedina conclusa l'azione (figura 1.7)

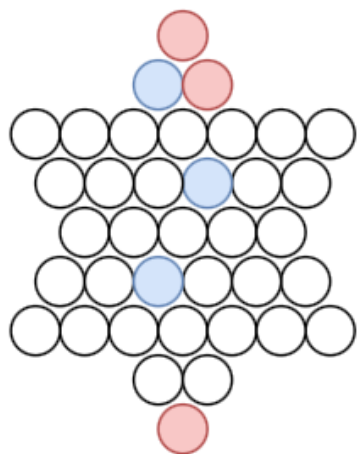


Figura 1.5: Vittoria valida per giocatore rosso

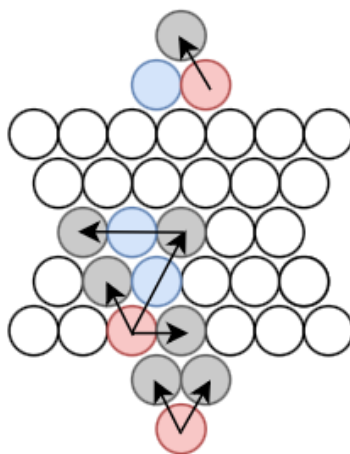


Figura 1.6: Movimenti legali per pedine rosse

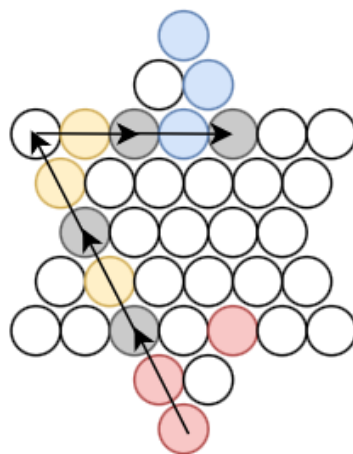


Figura 1.7: Passaggio tramite triangolo senza sosta

Capitolo 2

Implementazione

Poter valutare tutte le situazioni possibili nel gioco della Dama Cinese comporta una serie di accorgimenti per assicurarci che i tempi di esecuzione e la memoria richiesta non siano completamente irrealizzabili. La tabella seguente mostra il numero totale di combinazioni possibili nelle varie configurazioni testate nell'elaborato. L'obiettivo dello studio è quello di esplorare il numero maggiore di nodi significativi nel limite di turni assegnato per identificare il giocatore vincente nelle disposizioni assegnate.

2 giocatori, 1 pedina	$bin(13, 1) * bin(12, 1) = 156$
3 giocatori, 1 pedina	$bin(13, 1) * bin(12, 1) * bin(11, 1) = 1716$
4 giocatori, 1 pedina	$bin(13, 1) * bin(12, 1) * bin(11, 1) * bin(10, 1) = 17160$
6 giocatori, 1 pedina	$bin(13, 1) * bin(12, 1) * bin(11, 1) * bin(10, 1) * bin(9, 1) = 1.54e + 5$
2 giocatori, 3 pedine	$bin(37, 3) * bin(34, 3) = 4.65e + 7$
3 giocatori, 3 pedine	$bin(37, 3) * bin(34, 3) * bin(31, 3) = 2.09e + 11$
4 giocatori, 3 pedine	$bin(37, 3) * bin(34, 3) * bin(31, 3) * bin(28, 3) = 6.85e + 14$
6 giocatori, 3 pedine	$bin(37, 3) * bin(34, 3) * bin(31, 3) * bin(28, 3) * bin(25, 3) = 1.57e + 18$
2 giocatori, 6 pedine	$bin(83, 6) * bin(77, 6) = 8.95e + 16$
2 giocatori, 10 pedine	$bin(121, 10) * bin(111, 10) = 6.52e + 27$

2.1 Tabellone

La forma a stella del tabellone di gioco non si traduce in modo completamente accurato in un contesto digitale dove la forma circolare necessaria per avere punte equidistanti non è

replicabile perfettamente. Per la valutazione completa la dimensione del tabellone incide nelle prestazioni per cui la sua rappresentazione funzionale minima distorce il tabellone reale. Nelle seguenti figure si evidenzia la disposizione dei giocatori sul tabellone.

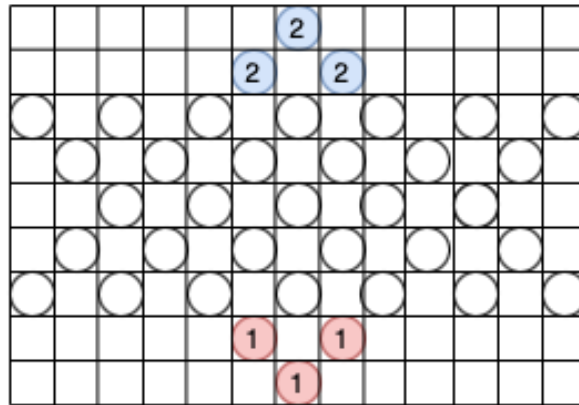


Figura 2.1: Implementazione tabellone per 2 giocatori come matrice

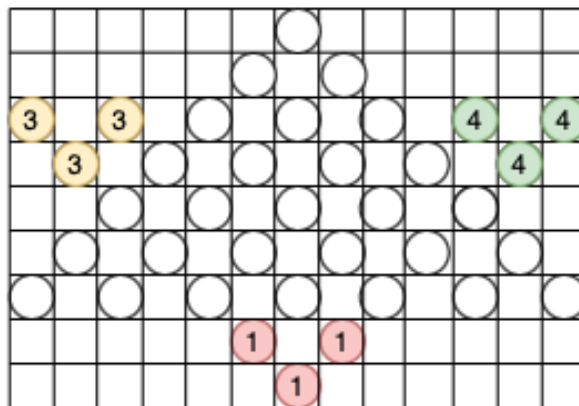


Figura 2.2: Implementazione tabellone per 3 giocatori come matrice

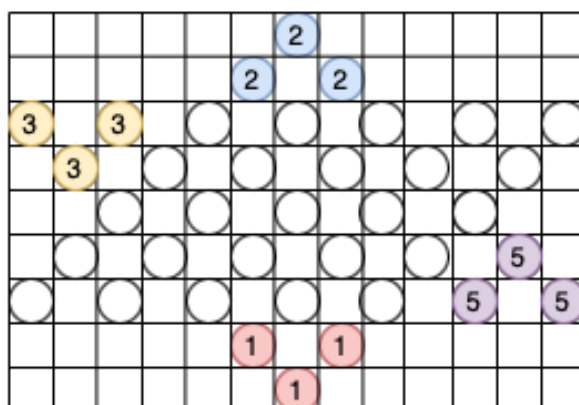


Figura 2.3: Implementazione tabellone per 4 giocatori come matrice

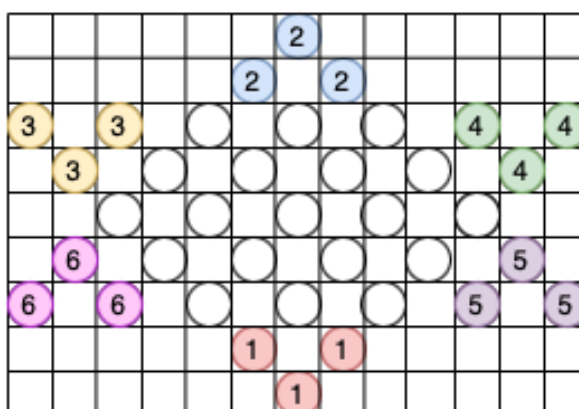


Figura 2.4: Implementazione tabellone per 6 giocatori come matrice

2.2 Albero di gioco

La costruzione dell'albero di gioco si basa su una ricerca in profondità muovendo le pedine in ogni area accessibile fino a coprire tutte le mosse possibili. Per replicare il comportamento di un giocatore reale si fa ricorso alla regola di decisione Minimax, applicabile alla Dama Cinese come gioco a somma zero in quanto il guadagno di un giocatore porta ad una perdita equivalente ai suoi avversari. In un contesto per due giocatori (figura 2.2) il giocatore controllato cerca di massimizzare il suo vantaggio cercando di arrivare alla destinazione mentre il suo avversario cerca di minimizzarlo durante il suo turno puntando alla sua vittoria.

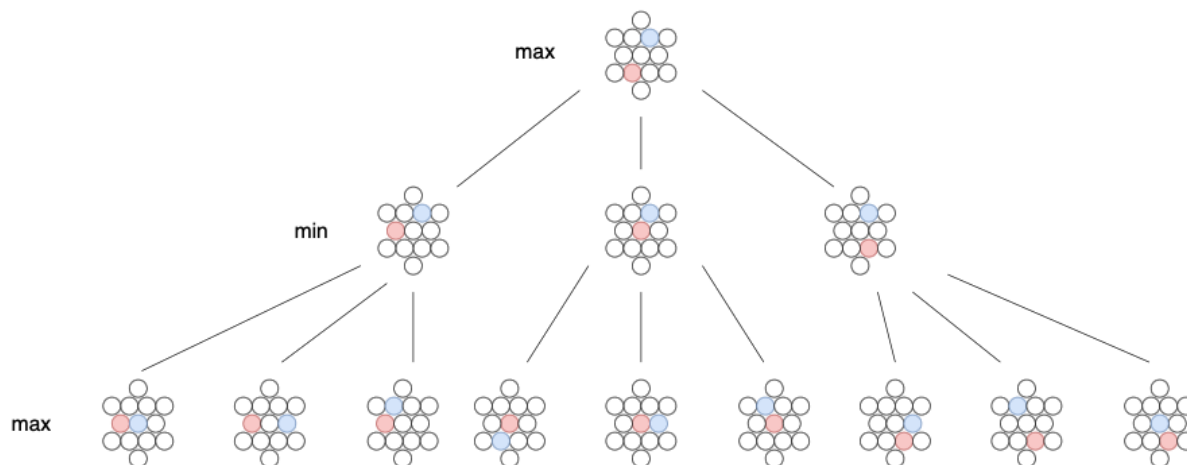


Figura 2.5: Esempio minimax per Dama Cinese

Per studiare il gioco con più di due giocatori si sfruttano regole di decisione che si conformano a due filosofie diverse[4]:

- **Paranoid:** Ridurre una partita tra n giocatori come uno scontro 1 contro un'alleanza di tutti gli altri giocatori. Questo approccio si riduce quindi al minimax per due giocatori svolgendo più turni avversari
- **Maxn:** Generalizzare minimax per due giocatori a una variante per n giocatori dove ognuno cerca di massimizzare il suo vantaggio

L'implementazione del tool di ricerca mette a confronto i risultati ottenuti da entrambi sugli stessi parametri iniziali.

2.3 Opportunità cut-off

L'applicazione diretta delle regole di decisione su tabelloni sempre più grandi non è sostenibile in tempi di esecuzione. Diverse tecniche sono state applicate per perseguire il maggior numero di mosse possibili che possano essere rilevanti allo studio.

Una prima forma di ottimizzazione consiste nell'utilizzo di algoritmi di potatura/-pruning dell'albero in modo da escludere mosse non migliori di quelle già selezionate e analizzate. Il Minimax si espande con l'algoritmo Alfa-beta pruning dove manteniamo

un riferimento alfa che equivale al punteggio minimo raggiunto dal giocatore massimizzante, beta che equivale al punteggio massimo raggiunto dal giocatore minimizzante, agendo come un limite che delinea le stime effettuate finora. Se il punteggio massimo del giocatore minimizzante è stimato minore del punteggio minimo raggiunto dal giocatore massimizzante, quest'ultimo non ha bisogno di considerare i discendenti del nodo corrente in analisi dato che non verranno raggiunti nella valutazione attuale, esclusivi per essere meno ottimali.

L'algoritmo paranoico può usufruire dello stesso algoritmo mentre l'algoritmo maxn implementa una forma immediata di potatura: se un giocatore raggiunge una vittoria, quindi il punteggio massimo, evita di cercare i nodi rimanenti delle profondità corrente. A differenza di altri giochi che possono sfruttare gli stessi algoritmi, la Dama Cinese non ha un sistema di punteggio per descrivere più esplicitamente lo stato dei giocatori che può essere sfruttato per altre forme di potatura già analizzate in letteratura [4] [5] dove è possibile utilizzare la somma dei punteggi divisi tra giocatori come limite

In seguito lo pseudo-codice delle funzioni menzionate con implementazione disponibile su Github [6]

```
1 minimaxab(Board B, int alpha, int beta, int turnLimit, HashMap T):
2   if T contains B
3     T.add(B as Hash key)
4   else
5     return reached state of T[B as Hash key]
6
7   if turnLimit == 0
8     return DRAW;
9   else if terminal node
10    reached state of T[B as Hash key] := state of B
11    return state of B
12  else if B.currentPlayer == PL1
13    availableMoves = moveOrdering(B, B.currentPlayer, T)
14    foreach (move in availableMoves) :
15      playMove(move.start, move.end)
16      score = minimaxab(B, alpha, beta, turnLimit - 1, T)
17      unplayMove(move.start, move.end)
18
```

```
19         alpha = min(alpha, score)
20         if (beta <= alpha)
21             break;
22     else //player == PL2
23         availableMoves = moveOrdering(B, B.currentPlayer, T)
24         foreach (move in availableMoves) :
25             playMove(move.start, move.end)
26             score = minimaxab(B, alpha, beta, turnLimit - 1, T)
27             unplayMove(move.start, move.end)
28
29         beta = min(beta, score)
30         if (beta <= alpha)
31             break;
32
33     return stateFromScore(score)
```

Listing 2.1: minimax-alfa-beta

```
1 paranoid(Board B, int alpha, int beta, int turnLimit, HashMap T):
2     if T contains B
3         T.add(B as Hash key)
4     else
5         return reached state of T[B as Hash key]
6
7     if turnLimit == 0
8         return DRAW;
9     else if terminal node
10         reached state of T[B as Hash key] := state of B
11         return state of B
12     else if B.currentPlayer == PL1
13         availableMoves := moveOrdering(B, currentPlayer, T)
14         for each (move in availableMoves) :
15             playMove(move.start, move.end)
16             score = paranoid(B, alpha, beta, turnLimit - 1, T)
17             unplayMove(move.start, move.end)
18
```

```
19         alpha = min(alpha, score)
20         if beta <= alpha
21             break;
22     else //other players
23         availableMoves = moveOrdering(B, B.currentPlayer, T)
24         foreach (move in availableMoves) :
25             playMove(move.start, move.end)
26             score = paranoid(B, alpha, beta, turnLimit - 1, T)
27             unplayMove(move.start, move.end)
28
29         beta = min(beta, score)
30         if beta <= alpha
31             break;
32
33     return stateFromScore(score)
```

Listing 2.2: paranoid

```
1 maxn(Board B, int turnLimit, T) :
2     if T contains B
3         T.add(B as Hash key)
4     else
5         return score vector of T[B as Hash key]
6
7     if turnLimit == 0
8         return drawVector; //all values set to DRAW score
9     else if terminal node
10         winVector := assignWin(state of B) //win score to victor,
11             -win score to other players
12         score vector of T[B as Hash key] := winVector
13         return state of B
14     else
15         availableMoves = moveOrdering(B, B.currentPlayer, T)
16         bestScoreVector := initialize()
17         foreach (move in availableMoves) :
```

```
18         scoreVector = maxn(B, turnLimit - 1, T)
19         unplayMove(move.start, move.end)
20
21         if scoreVector[B.currentPlayer] > bestVector[B.
22             currentPlayer]
23             bestVector = copy(scoreVector)
24
25         if bestVector[B.currentPlayer] >= WIN_SCORE //victory
26             already achieved in a branch
27             break;
28
29     return bestScoreVector
```

Listing 2.3: maxn

2.4 Ciclicità del gioco

Una situazione problematica per gli algoritmi di ricerca base si presenta con la ciclicità del gioco. A parità di miglioramento/penalizzazione delle mosse di due giocatori che utilizzano lo stesso algoritmo di ricerca si possono riscontrare cicli di mosse dove le stesse pedine vengono spostate avanti e indietro senza modo di guadagnare un'effettiva differenza di progressi da rompere lo stallo ed esplorare alternative. Se non preventivato si arriva quindi velocemente a un esaurimento di heap space per il numero elevato di ricorsioni.

Una soluzione diretta consiste nel stabilire un limite di mosse per interrompere la ricerca in profondità stabilendo uno stato di pareggio (DRAW). Una volta esaurito per l'esplorazione corrente sarà possibile percorrere i restanti nodi in ampiezza per coprire tutte le restanti opzioni nel limite assegnato.

L'implementazione descritta finora rappresenta il modello Base del tool di ricerca con risultati descritti nel paragrafo 4.1. Per tabelloni da 1 pedina è possibile determinare la vittoria di un giocatore in un numero adeguato di turni, ma in tabelloni da 3 pedine progredendo con il limite imposto il tempo di esecuzione aumenta in modo considerevole con un grande numero di nodi esplorati non raggiungendo configurazioni finali. In partite multigiocatore l'algoritmo Paranoid riesce a essere molto più veloce e l'implementazione

di alpha-beta pruning riesce a essere più attiva rispetto a maxn dove l'assenza di stati finali raggiunti non permette cut-off immediati. Quest'ultimo permette però di avere risultati più variegati in termini di vittoria essendo più realistico nella sua applicazione.

Mossa	1	2
Risultato	WIN1	WIN1
Tempo in ms	70681	86315
Nodi esplorati	229742202	278562689
Stati finali raggiunti	12843291	15620148

Tabella 2.1: Risultati Modello Base tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 1 pedina, limite 20 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP6	WINP6
Tempo in ms	423	291
Nodi esplorati	478472	464324
Stati finali raggiunti	4169	7848

Tabella 2.2: Risultati Modello Base tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 1 pedina, paranoid, limite 18 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP1	WINP3
Tempo in ms	585	185
Nodi esplorati	916479	407991
Stati finali	12477	3168

Tabella 2.3: Risultati Modello Base tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 1 pedina, maxn, limite 18 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	3716	3349	4212	3288	4671	4146
Nodi esplorati	6686273	7799951	7806200	6688950	8732552	8668270
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0

Tabella 2.4: Risultati Modello Base tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 3 pedine, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	27716	29914	35123	29372	35350	31688
Nodi esplorati	69853690	78463804	78656684	75772324	81870859	71724517
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0

Tabella 2.5: Risultati Modello Base tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	428661	590481	590474	442359	528567	540750
Nodi esplorati	$2.10e + 12$	$3.49e + 9$	$3.48e + 9$	$2.57e + 9$	$3.12e + 9$	$3.14e + 8$
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0

Tabella 2.6: Risultati Modello Base tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

2.5 Tabelle hash, ciclicità del gioco, pareggio per limite di turni

La strategia più efficace e diretta per ridurre i tempi di esecuzione consiste nel memorizzare i tabelloni esplorati salvando il posizionamento delle pedine. Nel caso vengano nuovamente raggiunti sarà possibile prelevare la loro valutazione e determinare se hanno contribuito al raggiungimento di uno stato finale per un qualsiasi giocatore.

L'implementazione consiste in una hash table dove ogni configurazione viene riassunta in una chiave unica durante la creazione di un nuovo elemento. Viene utilizzata la tecnica di hashing Zobrist [7] per sintetizzare il tabellone di gioco in un unico valore identificativo, aggiornato in base alle mosse effettuate tenendo traccia delle nuove posizioni raggiunte dalle pedine e aggiornando lo stato di quelle vecchie a EMPTY. Per questo studio si prevede in particolare un sistema che dà priorità alla ricerca di nuove configurazioni non precedentemente esplorate: ogni nuova istanza di tabellone di gioco viene memorizzata e si procede in profondità più basse; successivi nodi che ripetono la stessa disposizione vengono ignorate dato che i possibili risultati delle mosse successive verranno eventualmente valutate dal percorso inizialmente marcato.

L'implementazione si espande nel modello Tables del tool di ricerca con risultati descritti nel paragrafo 4.2. Il numero di nodi esplorati a parità di limite di turni si riduce notevolmente dato che si evita di valutare nuovamente nodi già percorsi, offrendo un immediato miglioramento in termine di tempo di esecuzione. In particolare nei tabelloni a 1 pedina posso interrompere l'esecuzione una volta che ho esplorato tutte le opzioni possibili indipendentemente dal limite impostato. Interessante notare che l'ottimizzazione riduce significativamente il numero di nodi e tempo di esecuzione all'aumentare dei turni di ogni giocatore, potendo gestire in maniera più ottimali percorsi ripetuti

Mossa	1	2
Risultato	WIN2	WIN1
Tempo in ms	23	3
Nodi esplorati	288	289
Stati finali raggiunti	6	6
Tempo rispetto al base	0.03%	0.003%
Nodi rispetto al base	0.0001%	0.0001%

Tabella 2.7: Risultati Modello Tables tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 1 pedina, limite 20 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP6	WINP6
Tempo in ms	96	55
Nodi esplorati	39637	37131
Stati finali raggiunti	438	605
Tempo rispetto al base	22%	19%
Nodi rispetto al base	8%	8%

Tabella 2.8: Risultati Modello Tables tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 1 pedina, paranoid, limite 18 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP1	WINP3
Tempo in ms	101	55
Nodi esplorati	53212	36037
Stati finali raggiunti	831	293
Tempo rispetto al base	17%	30%
Nodi rispetto al base	6%	9%

Tabella 2.9: Risultati Modello Tables tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 1 pedina, maxn, limite 18 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	153	213	216	78	241	229
Nodi esplorati	126436	208806	396057	142064	511471	359184
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Tempo rispetto al base	4%	6%	5%	2%	5%	5%
Nodi rispetto al base	2%	3%	5%	2%	6%	4%

Tabella 2.10: Risultati Modello Tables tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 3 pedine, limite 20 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	12783	9982	11456	10785	13050	12941
Nodi esplorati	12174104	11138078	11846401	10602681	12635837	11404584
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Tempo rispetto al base	46%	33%	33%	37%	37%	41%
Nodi rispetto al base	17%	14%	15%	14%	15%	16%

Tabella 2.11: Risultati Modello Tables tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	19276	19057	21100	16214	25220	28307
Nodi esplorati	22563021	27462071	29672371	23299109	33925222	35265771
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Tempo rispetto al base	4%	3%	4%	4%	5%	5%
Nodi rispetto al base	0.1%	0.8%	0.9%	0.9%	1%	11%

Tabella 2.12: Risultati Modello Tables tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

2.6 Applicazione regole aggiuntive

L'introduzione delle tabelle permette di analizzare in modo più concreto l'applicazione delle regole aggiuntive, poco documentate e studiate in studi precedenti nel campo di esplorazione dell'albero di gioco della Dama Cinese. Il numero di configurazioni possibili date le dimensioni del tabellone si riduce nuovamente con l'eliminazione di nuove configurazioni invalide e più opportunità per effettuare mosse decisive in grado di terminare una partita.

1. Assegnare la vittoria appena una base di destinazione viene riempita del tutto con almeno una propria pedina aggiunge solo un'ulteriore condizione di verifica nella valutazione di presenza di un possibile stato finale. In cambio posso considerare più nodi finali che possono essere raggiunti in un numero di mosse inferiore.
2. Limitare movimenti una volta usciti o entrati in una base porta l'albero di gioco a escludere parte dei nodi che effettuano mosse penalizzanti revertendo il gioco a stati precedenti. Questo aiuta a invalidare mosse meno performanti che estendono la durata della partita penalizzando il limite di turni.
3. Non considerare le basi di giocatori non partecipanti limita il numero totali di fori occupabili nella maggior parte delle configurazioni. Poter usare basi non partecipanti come zone di passaggio è verificabile principalmente in presenza di più pedine; in generale offre opzioni di movimento più eccezionali che richiedono una ricorsione aggiuntiva per un potenziale spostamento a larga scala. L'aumento di nuove mosse non è quindi significativo date le sue condizioni eccezionali e offre mobilità più complesse che possono invece dare vantaggi nel raggiungimento di uno stato finale.

L'implementazione si espande nel modello Special Rules del tool di ricerca con risultati descritti nel paragrafo 4.3. È evidente il calo di nodi esplorati e l'aumento di stati finali raggiunti grazie all'implementazione delle regole aggiuntive. Notare i risultati ottenuti dal tabellone per 4 giocatori a 3 pedine che permettono di determinare un vincitore. Per quanto il limite di turni totale sia inferiore rispetto alla disposizione per 2 giocatori, si evince che avere un maggior numero di pedine in campo permette di accelerare la partita avendo più opportunità di salto e un'area di gioco comune più occupata che limita il numero di mosse possibili in un turno nelle fasi intermedie.

Mossa	1	2
Risultato	WIN2	WIN2
Tempo in ms	22	2
Nodi esplorati	113	108
Stati finali raggiunti	11	8
Nodi rispetto a tabelle	39%	37%

Tabella 2.13: Risultati Modello SpecialRules tabellone 2 giocatori, 1 pedina, limite 20 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	208	37	152	46	541	280
Nodi esplorati	96834	42640	133869	29444	261999	198649
Stati finali raggiunti	79	34	147	3	101	47
Nodi rispetto a tabelle	77%	20%	33%	21%	51%	55%

Tabella 2.14: Risultati Modello SpecialRules tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 3 pedine, limite 20 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	WINP5	WINP5	WINP5	WINP5	WINP5	WINP5
Tempo in ms	1565	1100	939	1056	1017	1539
Nodi esplorati	932387	760981	794290	891535	877100	1231477
Stati finali raggiunti	99	70	79	116	67	240

Tabella 2.15: Risultati Modello SpecialRules tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	WINP5	WINP5	WINP1	WINP3	WINP5	WINP3
Tempo in ms	3736	4354	3707	3512	3569	4820
Nodi esplorati	4076184	5424398	5444867	5543180	5844929	6737097
Stati finali raggiunti	85	210	154	315	87	290

Tabella 2.16: Risultati Modello SpecialRules tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	9515	10874	10816	7986	9322	8325
Nodi esplorati	6329939	7228400	7540111	6138612	6973254	6276604
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Nodi rispetto a tabelle	52%	65%	64%	58%	55%	55%

Tabella 2.17: Risultati Modello SpecialRules tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	9533	7882	9899	6804	9907	9306
Nodi esplorati	8971327	10886158	12283260	8395177	12219024	11405392
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Nodi rispetto a tabelle	40%	40%	41%	36%	36%	32%

Tabella 2.18: Risultati Modello SpecialRules tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

Mossa	6	7	8	9	10
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	95	571	400	1575	696
Nodi esplorati	110208	393540	422220	705364	399677
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0

Tabella 2.19: Risultati Modello SpecialRules (6-10) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 6 pedine, limite 12 turni

Mossa	10	11	12	13	14
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	235	360	318	430	425
Nodi esplorati	97654	120411	118661	112402	112087
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0

Tabella 2.20: Risultati Modello SpecialRules (10-14) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 10 pedine, limite 8 turni

2.7 Move Ordering

L'efficacia degli algoritmi di potatura e il raggiungimento di stati finali dipendono dalla selezione delle mosse e come queste portano le pedine del giocatore più vicine alla zona di destinazione. Poter escludere nodi che non sarebbero in grado di produrre un risultato migliore della stima corrente riduce notevolmente i tempi di esecuzione raggiungendo prima le configurazioni più significative nell'avanzamento dello stato del gioco.

Il Move Ordering si occupa di riordinare le mosse disponibili in un turno per dare priorità a quelle che potrebbero dare il vantaggio migliore al giocatore corrente. L'implementazione più semplice prenderebbe la pedina più vicina al traguardo per poi selezionare la mossa che permette di spostarla in avanti verso il centro in modo da capitalizzare maggiormente in salti che non aumentino la distanza dal triangolo opposto muovendosi troppo lateralmente. Questo comporterebbe in valutazioni non complementamente ottimali nel gioco della Dama Cinese dove la strategia più accreditata del gioco è quella di sfruttare i salti per coprire distanze maggiori rispetto a muovere le pedine passo passo. Il giocatore trae quindi maggiore vantaggio muovendo le sue pedine più in collettivo in modo da spingere le pedine più arretrate con catene costruite dalle pedine in campo.

Per questo studio l'ordinamento delle mosse valuta il guadagno di tutte le pedine del giocatore alla mossa successiva: attribuendo un valore in base alla distanza dalla punta del triangolo opposto, le mosse che permettono di avere un punteggio collettivo maggiore basato sulla vicinanza al traguardo sono priorizzate per esplorazioni più profonde. Con l'aggiunta delle tabelle hash posso escludere dall'ordinamento delle mosse configurazioni già esplorate in modo da intraprendere solo percorsi inediti.

L'implementazione si espande nel modello Move Ordering del tool di ricerca con risultati descritti nel paragrafo 4.4. Grazie all'ottimizzazione è possibile espandere la ricerca a profondità più elevate dei modelli precedenti raggiungendo più mosse significative che fanno avanzare i vantaggi dei giocatori. Tuttavia non è ancora possibile raggiungere un verdetto nei tabelloni più grandi senza aumentare considerevolmente il limite: questo richiederebbe l'uso massiccio di memoria heap per tenere traccia delle tabelle hash e i risultati rilevati considerano già esecuzioni da 96G senza determinare un vincitore nei limiti impostati

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	10099	10086	6653	8089	8975	8437
Nodi esplorati	2480010	2685543	2194500	2419241	2550650	2491500
Stati finali raggiunti	11701	13766	8843	8341	10254	8266

Tabella 2.21: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 3 pedine, limite 50 turni

Mossa	6	7	8	9	10
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	1568535	1534836	2458240	1926832	1290441
Nodi esplorati	183815380	178315692	219988816	218296025	168316788
Stati finali raggiunti	467	793	2010	1844	564

Tabella 2.22: Risultati Modello MoveOrdering (6-10) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 6 pedine, limite 14 turni

Mossa	10	11	12	13	14
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	79716	85500	79391	77543	74165
Nodi esplorati	8260706	8017966	7999818	8219505	7335090
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0

Tabella 2.23: Risultati Modello MoveOrdering (10-14) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 10 pedine, limite 10 turni

2.8 Sviluppi futuri

A partire dalla struttura attuale è possibile implementare ulteriori accorgimenti in grado di ampliare l'esplorazione del tool.

Ridurre la rappresentazione del tabellone da matrice byte a bitboard [9] può portare a implementazioni più efficaci in termini di memoria.

Uno studio più empirico concentrato sulle dinamiche che permettono di effettuare mosse in grado di bloccare i salti può portare a comportamenti più intelligenti che potrebbero svelare nuove strategie, accelerando gli algoritmi di potatura.

Bibliografia

- [1] How to play Chinese Checkers. <https://www.youtube.com/watch?v=x8E3-vxYAY0>
- [2] Master of Traditional Games. *Rules of Chinese Checkers*. <https://www.mastersofgames.com/rules/chinese-checkers-rules.htm>
- [3] Sturtevant, Nathan Reed. *On strongly solving Chinese checkers. Advances in Computer Games. Cham: Springer International Publishing, 2019. 155-166.*
- [4] Sturtevant, Nathan Reed. *Multiplayer games: algorithms and approaches. University of California, Los Angeles, 2003.*
- [5] Korf, R. E. (1991) *Multi-player alpha-beta pruning. Artificial Intelligence, 48(1), 99-111.*
- [6] Progetto Github. https://github.com/unilx03/Tesi_DamaCinese
- [7] Zobrist, A. L. (1990). *A new hashing method with application for game playing. ICGA Journal, 13(2), 69-73.*
- [8] Perft. <https://www.chessprogramming.org/Perft>
- [9] Sturtevant, Nathan Reed. (2022, November) *An Efficient Chinese Checkers Implementation: Ranking, Bitboards, and BMI2 pext and pdep Instructions. In International Conference on Computers and Games (pp. 24-35). Cham: Springer Nature Switzerland*

Capitolo 3

Appendice: Risultati

Una volta configurato il tabellone di gioco in base al numero di giocatori e al numero di pedine, il tool di ricerca si occupa di esplorare per ogni mossa di apertura di PL1 l'esito ottenibile da giocatori ottimali (mosse d'apertura illustrate nelle figure 3.1, 3.2, 3.3, 3.4). Al termine dell'esplorazione di ogni ramo vengono riepilogati un insieme di metriche aggiuntive seguendo in modello Perft [8] per un sommario di nodi esplorati, tabelle di trasposizione create, nodi foglia che simboleggiano uno stato di partita concluso con la vittoria di un giocatore. Nelle sezioni successive vengono illustrati le statistiche ottenute in base alle ottimizzazioni effettuate per funzionalità



Figura 3.1: Mossa d'apertura tabellone per 1 pedina a giocatore, analizzati da sinistra verso destra

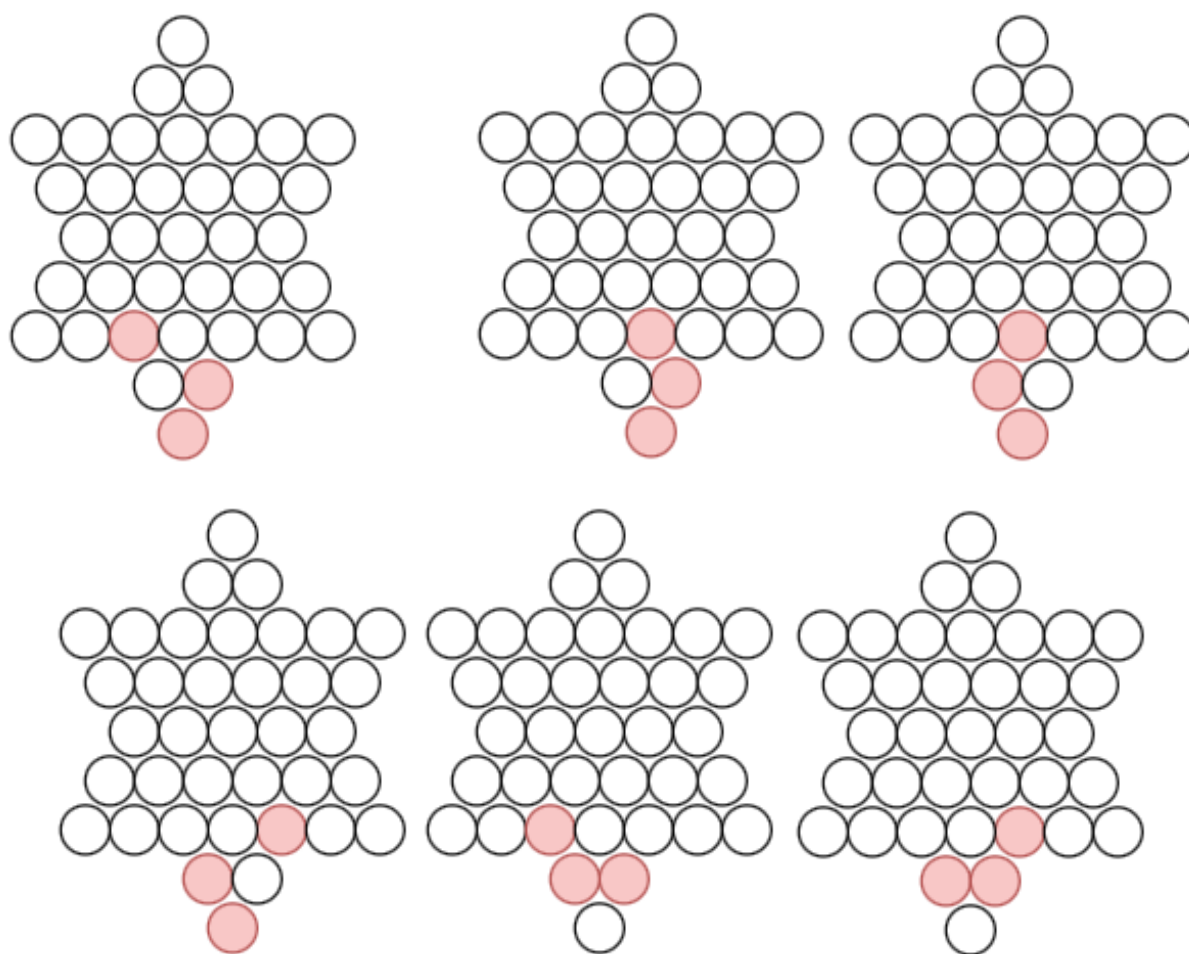


Figura 3.2: Mossa d'apertura tabellone per 3 pedine a giocatore, analizzati da sinistra verso destra

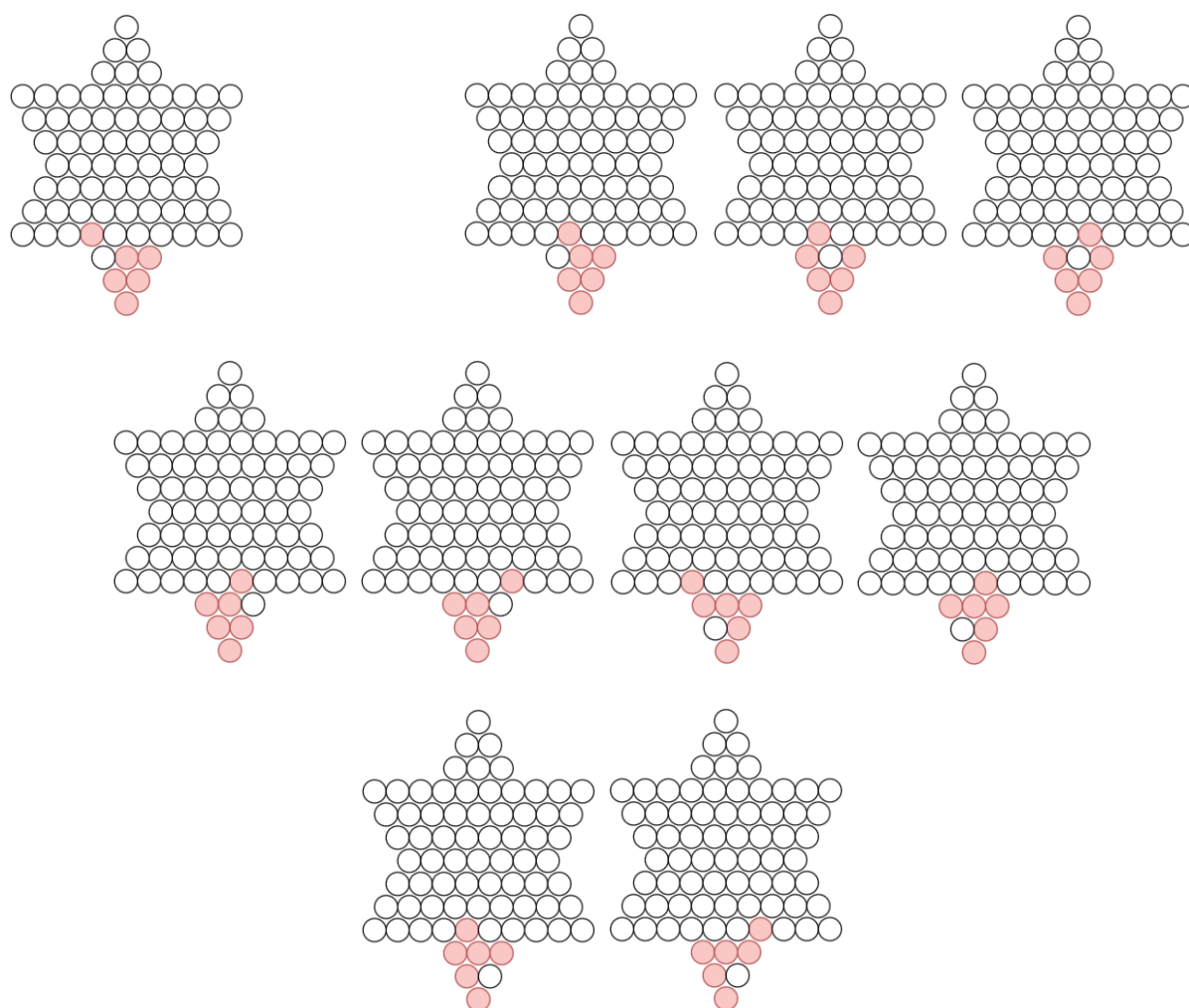


Figura 3.3: Mossa d'apertura tabellone per 6 pedine a giocatore, analizzati da sinistra verso destra

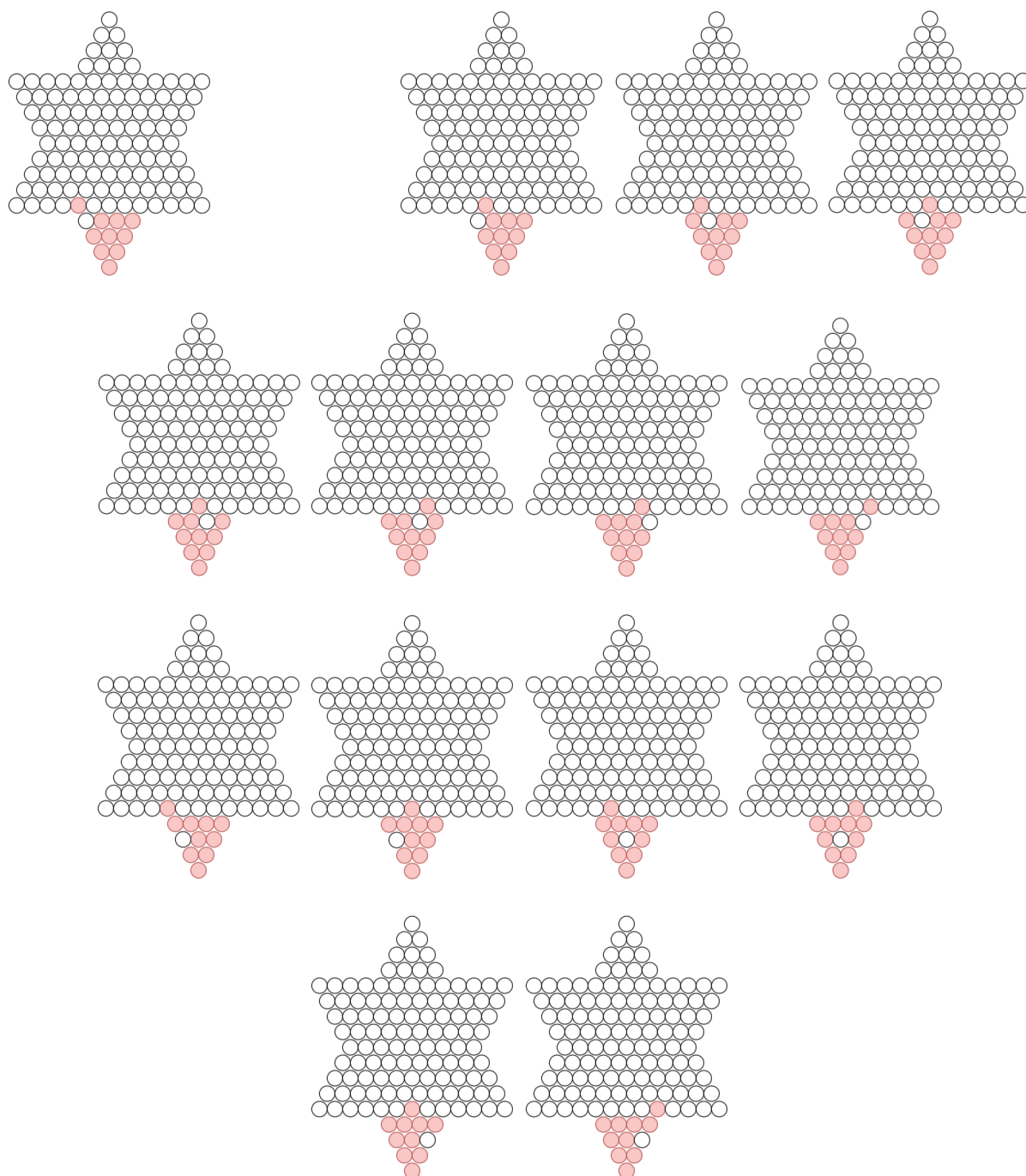


Figura 3.4: Mossa d'apertura tabellone per 10 pedine a giocatore, analizzati da sinistra verso destra

3.1 Modello Base: No regole aggiuntive, no move ordering, no tabelle

Mossa	1	2
Risultato	WIN1	WIN1
Tempo in ms	70681	86315
Nodi esplorati	229742202	278562689
Stati finali raggiunti	12843291	15620148
Cut-off	78834264	95718649

Tabella 3.1: Risultati Modello Base tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 1 pedina, limite 20 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP4	WINP4
Tempo in ms	23797	23042
Nodi esplorati	62811249	68441180
Stati finali raggiunti	1849566	861800
Cut-off	26766374	29537175

Tabella 3.2: Risultati Modello Base tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 1 pedina, paranoid, limite 21 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP3	WINP1
Tempo in ms	133693	235205
Nodi esplorati	559288618	984139991
Stati finali	9501581	17456684
Cut-off	10341461	19034965

Tabella 3.3: Risultati Modello Base tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 1 pedina, maxn, limite 21 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP5	WINP5
Tempo in ms	15258	12990
Nodi esplorati	41152276	37536958
Stati finali raggiunti	1181781	913149
Cut-off	16637160	15058939

Tabella 3.4: Risultati Modello Base tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 1 pedina, paranoid, limite 20 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP3	WINP5
Tempo in ms	37893	70354
Nodi esplorati	149879542	281042180
Stati finali	2863492	5285857
Cut-off	2988053	5500641

Tabella 3.5: Risultati Modello Base tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 1 pedina, maxn, limite 20 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP6	WINP6
Tempo in ms	423	291
Nodi esplorati	478472	464324
Stati finali raggiunti	4169	7848
Cut-off	177714	169491

Tabella 3.6: Risultati Modello Base tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 1 pedina, paranoid, limite 18 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP1	WINP3
Tempo in ms	585	185
Nodi esplorati	916479	407991
Stati finali	12477	3168
Cut-off	13049	3432

Tabella 3.7: Risultati Modello Base tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 1 pedina, maxn, limite 18 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	3716	3349	4212	3288	4671	4146
Nodi esplorati	6686273	7799951	7806200	6688950	8732552	8668270
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	1950184	2019143	2021548	1950064	2107573	2071162

Tabella 3.8: Risultati Modello Base tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 3 pedine, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	10284	9054	12391	9722	11557	10874
Nodi esplorati	16763782	16816508	16968547	16866990	15994232	16657727
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	7964104	7987365	8059698	8010290	7594947	7907910

Tabella 3.9: Risultati Modello Base tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	32277317	34555071	36728894	29045746	39220457	39262396
Nodi esplorati	$1.28e + 11$	$1.62e + 11$	$1.62e + 11$	$1.28e + 11$	$1.86e + 11$	$1.86e + 11$
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	0	0	0	0	0	0

Tabella 3.10: Risultati Modello Base tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	56993	60901	76603	64826	68364	78363
Nodi esplorati	88831789	88429421	90410519	89168154	89644452	92541706
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	41658772	41469942	42436062	41900817	42091945	43444841

Tabella 3.11: Risultati Modello Base tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	7733414	8555827	8827055	4757873	7844497	9873033
Nodi esplorati	$4.69e + 10$	$5.22e + 10$	$5.92e + 10$	$4.04e + 10$	$6.85e + 10$	$4.94e + 10$
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	0	0	0	0	0	0

Tabella 3.12: Risultati Modello Base tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	27716	29914	35123	29372	35350	31688
Nodi esplorati	69853690	78463804	78656684	75772324	81870859	71724517
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	32428710	36399001	36524052	35081882	38040679	33132955

Tabella 3.13: Risultati Modello Base tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	428661	590481	590474	442359	528567	540750
Nodi esplorati	$2.10e + 12$	$3.49e + 9$	$3.48e + 9$	$2.57e + 9$	$3.12e + 9$	$3.14e + 8$
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	0	0	0	0	0	0

Tabella 3.14: Risultati Modello Base tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	187661	185055	193514	175243	192977
Nodi esplorati	256161648	235007570	186112073	186111942	235007628
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0
Cut-off	54608208	53835076	52222251	52222185	53835076

Tabella 3.15: Risultati Modello Base (1-5) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 6 pedine, limite 12 turni

Mossa	6	7	8	9	10
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	200241	202986	203579	235574	219782
Nodi esplorati	256161747	245782383	237621576	237621645	245780732
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0
Cut-off	54608208	54295334	53944555	53944621	54294475

Tabella 3.16: Risultati Modello Base (6-10) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 6 pedine, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	1225	932	993	822
Nodi esplorati	1314612	1342715	1422750	1211959
Stati finali raggiunti	0	0	0	0
Cut-off	325640	326000	328247	323356

Tabella 3.17: Risultati Modello Base (1-4) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 10 pedine, limite 8 turni

Mossa	5	6	7	8	9
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	845	956	1036	999	1048
Nodi esplorati	1211959	1422750	1342715	1314612	1537574
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0
Cut-off	323356	328247	326000	325640	331024

Tabella 3.18: Risultati Modello Base (5-9) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 10 pedine, limite 8 turni

Mossa	10	11	12	13	14
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	997	1164	1028	1072	1156
Nodi esplorati	1453222	1422277	1422277	1453222	1537574
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0
Cut-off	328849	328333	328333	328849	331024

Tabella 3.19: Risultati Modello Base (10-14) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 10 pedine, limite 8 turni

3.2 Modello Tables: Tabelle, no regole aggiuntive, no move ordering

Mossa	1	2
Risultato	WIN2	WIN1
Tempo in ms	23	3
Nodi esplorati	288	289
Stati finali raggiunti	6	6
Cut-off	21	26
Hash store	131	132
Hash hit	157	157

Tabella 3.20: Risultati Modello Tables tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 1 pedina, limite 20 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP3	WINP4
Tempo in ms	30	4
Nodi esplorati	970	1601
Stati finali raggiunti	24	53
Cut-off	236	296
Hash store	671	979
Hash hit	299	622

Tabella 3.21: Risultati Modello Tables tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 1 pedina, paranoid, limite 21 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP4	WINP3
Tempo in ms	30	3
Nodi esplorati	1221	1472
Stati finali raggiunti	30	59
Cut-off	48	81
Hash store	807	882
Hash hit	414	590

Tabella 3.22: Risultati Modello Tables tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 1 pedina, maxn, limite 21 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP5	WINP5
Tempo in ms	36	10
Nodi esplorati	3853	5863
Stati finali raggiunti	99	131
Cut-off	1086	1251
Hash store	2994	4162
Hash hit	859	1701

Tabella 3.23: Risultati Modello Tables tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 1 pedina, paranoid, limite 20 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP2	WINP5
Tempo in ms	41	8
Nodi esplorati	7978	6605
Stati finali raggiunti	249	90
Cut-off	286	105
Hash store	5813	4575
Hash hit	2165	2030

Tabella 3.24: Risultati Modello Tables tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 1 pedina, maxn, limite 20 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP6	WINP6
Tempo in ms	96	55
Nodi esplorati	39637	37131
Stati finali raggiunti	438	605
Cut-off	11973	12604
Hash store	34841	34022
Hash hit	4796	3109

Tabella 3.25: Risultati Modello Tables tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 1 pedina, paranoid, limite 18 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP1	WINP3
Tempo in ms	101	55
Nodi esplorati	53212	36037
Stati finali raggiunti	831	293
Cut-off	910	337
Hash store	45912	32748
Hash hit	7300	3289

Tabella 3.26: Risultati Modello Tables tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 1 pedina, maxn, limite 18 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	153	213	216	78	241	229
Nodi esplorati	126436	208806	396057	142064	511471	359184
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	8905	38619	27969	9732	46365	46080
Hash store	78546	133229	249018	89915	313378	222940
Hash hit	47890	75577	147039	52149	198093	136244

Tabella 3.27: Risultati Modello Tables tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 3 pedine, limite 20 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	109	99	19	19	117	42
Nodi esplorati	38158	59944	18921	23346	91373	45418
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	12361	19825	5603	7591	31240	14031
Hash store	27799	44160	13668	17096	68196	32024
Hash hit	10359	15784	5253	6250	23177	13394

Tabella 3.28: Risultati Modello Tables tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	611	73	52	196	306	1040
Nodi esplorati	829730	178546	170236	413660	569335	2074584
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	0	0	0	0	0	0
Hash store	462747	104291	91718	254780	288423	1092064
Hash hit	366983	74255	78518	158880	280912	982520

Tabella 3.29: Risultati Modello Tables tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	409	263	308	282	627	466
Nodi esplorati	258284	255884	257961	230080	716285	605432
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	85696	89673	95503	90370	248428	222671
Hash store	190184	197722	209887	196322	545906	486221
Hash hit	68100	58162	48074	33758	170379	119211

Tabella 3.30: Risultati Modello Tables tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	2492	2138	2185	1345	4232	2846
Nodi esplorati	2971237	3468881	4481086	2891278	7446162	5685804
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	0	0	0	0	0	0
Hash store	1818945	2174360	2631137	1823097	4235456	3863206
Hash hit	1152292	1294521	1849949	1068181	3210706	1822598

Tabella 3.31: Risultati Modello Tables tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	12783	9982	11456	10785	13050	12941
Nodi esplorati	12174104	11138078	11846401	10602681	12635837	11404584
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	4439637	4280654	4586587	4311665	4780366	4589070
Hash store	9877225	9424505	10091763	9454506	10518625	10049218
Hash hit	2296879	1713573	1754638	1148175	2117212	1355366

Tabella 3.32: Risultati Modello Tables tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	19276	19057	21100	16214	25220	28307
Nodi esplorati	22563021	27462071	29672371	23299109	33925222	35265771
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	0	0	0	0	0	0
Hash store	15603242	18241799	19177853	17257081	23032908	25652630
Hash hit	6959779	9220272	10494518	6042028	10892314	9613141

Tabella 3.33: Risultati Modello Tables tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	404	276	208	176	249
Nodi esplorati	355823	268652	286735	223444	354148
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0
Cut-off	19877	39892	14543	14332	16452
Hash store	238112	188221	190926	152156	237765
Hash hit	117711	80431	95809	71288	116383

Tabella 3.34: Risultati Modello Tables (1-5) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 6 pedine, limite 12 turni

Mossa	6	7	8	9	10
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	482	326	410	644	500
Nodi esplorati	761006	536631	545659	649369	744565
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0
Cut-off	30718	55262	78154	141922	85745
Hash store	515075	369468	376246	462742	513367
Hash hit	245931	167163	169413	186627	231198

Tabella 3.35: Risultati Modello Tables (6-10) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 6 pedine, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	125	68	44	27
Nodi esplorati	94101	91608	73239	69362
Stati finali raggiunti	0	0	0	0
Cut-off	10176	7412	3952	4264
Hash store	66716	66855	52480	48445
Hash hit	27385	24753	20759	20917

Tabella 3.36: Risultati Modello Tables (1-4) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 10 pedine, limite 8 turni

Mossa	5	6	7	8	9
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	19	22	111	132	33
Nodi esplorati	41158	52077	131123	136626	33157
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0
Cut-off	3199	3374	22862	30237	10058
Hash store	29533	36742	97366	102203	26711
Hash hit	11625	15335	33757	34423	6446

Tabella 3.37: Risultati Modello Tables (5-9) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 10 pedine, limite 8 turni

Mossa	10	11	12	13	14
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	46	110	112	111	129
Nodi esplorati	95418	98169	144818	119723	169856
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0
Cut-off	11217	25383	32811	22343	30047
Hash store	67772	74837	107664	87986	125608
Hash hit	27646	23332	37154	31737	44248

Tabella 3.38: Risultati Modello Tables (10-14) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 10 pedine, limite 8 turni

3.3 Modello SpecialRules: Regole aggiuntive, tabelle, no move ordering

Mossa	1	2
Risultato	WIN2	WIN2
Tempo in ms	22	2
Nodi esplorati	113	108
Stati finali raggiunti	11	8
Cut-off	17	11
Hash store	55	53
Hash hit	58	55

Tabella 3.39: Risultati Modello SpecialRules tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 1 pedina, limite 20 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP4	WINP1
Tempo in ms	24	4
Nodi esplorati	298	300
Stati finali raggiunti	32	24
Cut-off	38	46
Hash store	192	192
Hash hit	106	108

Tabella 3.40: Risultati Modello SpecialRules tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 1 pedina, paranoid, limite 21 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP3	WINP3
Tempo in ms	23	2
Nodi esplorati	208	235
Stati finali raggiunti	18	15
Cut-off	24	22
Hash store	158	165
Hash hit	50	70

Tabella 3.41: Risultati Modello SpecialRules tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 1 pedina, maxn, limite 21 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP5	WINP5
Tempo in ms	31	4
Nodi esplorati	660	785
Stati finali raggiunti	66	95
Cut-off	125	151
Hash store	517	614
Hash hit	143	171

Tabella 3.42: Risultati Modello SpecialRules tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 1 pedina, paranoid, limite 20 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP3	WINP5
Tempo in ms	31	3
Nodi esplorati	711	679
Stati finali raggiunti	120	92
Cut-off	146	117
Hash store	596	538
Hash hit	115	141

Tabella 3.43: Risultati Modello SpecialRules tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 1 pedina, maxn, limite 20 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP6	WINP6
Tempo in ms	23	2
Nodi esplorati	123	91
Stati finali raggiunti	13	8
Cut-off	10	5
Hash store	118	88
Hash hit	5	3

Tabella 3.44: Risultati Modello SpecialRules tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 1 pedina, paranoid, limite 18 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP1	WINP2
Tempo in ms	21	3
Nodi esplorati	63	80
Stati finali raggiunti	5	7
Cut-off	9	15
Hash store	61	78
Hash hit	2	2

Tabella 3.45: Risultati Modello SpecialRules tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 1 pedina, maxn, limite 18 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	208	37	152	46	541	280
Nodi esplorati	96834	42640	133869	29444	261999	198649
Stati finali raggiunti	79	34	147	3	101	47
Cut-off	11871	4267	18778	6412	71782	37012
Hash store	61596	27317	84337	19716	165785	122885
Hash hit	35238	15323	49532	9728	96214	75764

Tabella 3.46: Risultati Modello SpecialRules tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 3 pedine, limite 20 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	269	137	185	83	108	284
Nodi esplorati	89328	73633	88318	55510	94477	147918
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	29893	25166	29746	18351	31654	47874
Hash store	65936	55480	65693	41033	69869	105379
Hash hit	23392	18153	22625	14477	24608	42539

Tabella 3.47: Risultati Modello SpecialRules tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	634	377	370	450	691	428
Nodi esplorati	657541	496476	597944	672265	1005029	906263
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	0	0	0	0	0	0
Hash store	355895	290628	345509	388624	542142	496722
Hash hit	301646	205848	252435	283641	462887	409541

Tabella 3.48: Risultati Modello SpecialRules tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	WINP5	WINP5	WINP5	WINP5	WINP5	WINP5
Tempo in ms	1565	1100	939	1056	1017	1539
Nodi esplorati	932387	760981	794290	891535	877100	1231477
Stati finali raggiunti	99	70	79	116	67	240
Cut-off	331460	281395	293395	339366	305747	454726
Hash store	735412	619944	648828	745757	676923	1003266
Hash hit	196975	141037	145462	145778	200177	228211

Tabella 3.49: Risultati Modello SpecialRules tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	WINP5	WINP5	WINP1	WINP3	WINP5	WINP3
Tempo in ms	3736	4354	3707	3512	3569	4820
Nodi esplorati	4076184	5424398	5444867	5543180	5844929	6737097
Stati finali raggiunti	85	210	154	315	87	290
Cut-off	107	249	186	369	120	358
Hash store	2550039	3351160	3365559	3720844	3460731	4507622
Hash hit	1526145	2073238	2079308	1822336	2384198	2229475

Tabella 3.50: Risultati Modello SpecialRules tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	9515	10874	10816	7986	9322	8325
Nodi esplorati	6329939	7228400	7540111	6138612	6973254	6276604
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	2285801	2827364	2916516	2418905	2576419	2448952
Hash store	5216112	6338923	6564086	5432587	5818592	5502124
Hash hit	1113827	889477	976025	706025	1154662	774480

Tabella 3.51: Risultati Modello SpecialRules tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	9533	7882	9899	6804	9907	9306
Nodi esplorati	8971327	10886158	12283260	8395177	12219024	11405392
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	0	0	0	0	0	0
Hash store	6418006	7622136	8473972	6357292	8722060	8622046
Hash hit	2553321	3264022	3809288	2037885	3496964	2783346

Tabella 3.52: Risultati Modello SpecialRules tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	558	273	408	261	196
Nodi esplorati	329100	286057	297900	194407	243423
Stati finali raggiunti	0	1	0	0	0
Cut-off	16975	14277	16201	11105	13676
Hash store	223431	192609	198394	129500	160522
Hash hit	105669	93448	99506	64907	82901

Tabella 3.53: Risultati Modello SpecialRules (1-5) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 6 pedine, limite 12 turni

Mossa	6	7	8	9	10
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	95	571	400	1575	696
Nodi esplorati	110208	393540	422220	705364	399677
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0
Cut-off	8283	72963	32853	199212	92495
Hash store	74151	266479	281518	497716	280633
Hash hit	36057	127061	140702	207648	119044

Tabella 3.54: Risultati Modello SpecialRules (6-10) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 6 pedine, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	123	80	88	80
Nodi esplorati	40555	43742	66609	58527
Stati finali raggiunti	0	0	0	0
Cut-off	4003	4021	4727	4548
Hash store	29014	31573	47753	42082
Hash hit	11541	12169	18856	16445

Tabella 3.55: Risultati Modello SpecialRules (1-4) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 10 pedine, limite 8 turni

Mossa	5	6	7	8	9
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	65	70	345	327	266
Nodi esplorati	45868	51826	101716	96771	100680
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0
Cut-off	4178	4310	25155	27096	20711
Hash store	33104	37846	77259	74165	74220
Hash hit	12764	13980	24457	22606	26460

Tabella 3.56: Risultati Modello SpecialRules (5-9) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 10 pedine, limite 8 turni

Mossa	10	11	12	13	14
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	235	360	318	430	425
Nodi esplorati	97654	120411	118661	112402	112087
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0
Cut-off	17157	28708	26481	27045	33010
Hash store	71291	89127	88216	83442	85044
Hash hit	26363	31284	30445	28960	27043

Tabella 3.57: Risultati Modello SpecialRules (10-14) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 10 pedine, limite 8 turni

3.4 Modello MoveOrdering: Move Ordering, regole aggiuntive, tabelle

Mossa	1	2
Risultato	WIN1	WIN2
Tempo in ms	24	4
Nodi esplorati	62	70
Stati finali raggiunti	12	12
Cut-off	22	24
Hash store	53	61
Hash hit	9	9

Tabella 3.58: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 1 pedina, limite 20 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP3	WINP3
Tempo in ms	31	2
Nodi esplorati	324	229
Stati finali raggiunti	63	52
Cut-off	77	74
Hash store	303	220
Hash hit	21	9

Tabella 3.59: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 1 pedina, paranoid, limite 21 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP3	WINP1
Tempo in ms	28	3
Nodi esplorati	208	228
Stati finali raggiunti	58	57
Cut-off	77	76
Hash store	204	227
Hash hit	4	1

Tabella 3.60: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 1 pedina, maxn, limite 21 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP5	WINP5
Tempo in ms	36	4
Nodi esplorati	951	686
Stati finali raggiunti	177	126
Cut-off	212	174
Hash store	942	684
Hash hit	9	2

Tabella 3.61: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 1 pedina, paranoid, limite 20 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP3	WINP3
Tempo in ms	32	2
Nodi esplorati	386	291
Stati finali raggiunti	112	92
Cut-off	138	105
Hash store	386	291
Hash hit	0	0

Tabella 3.62: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 1 pedina, maxn, limite 20 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP6	WINP6
Tempo in ms	26	3
Nodi esplorati	175	102
Stati finali raggiunti	16	9
Cut-off	17	9
Hash store	175	102
Hash hit	0	0

Tabella 3.63: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 1 pedina, paranoid, limite 18 turni

Mossa	1	2
Risultato	WINP4	WINP2
Tempo in ms	23	4
Nodi esplorati	83	110
Stati finali raggiunti	10	8
Cut-off	16	17
Hash store	83	110
Hash hit	0	0

Tabella 3.64: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 1 pedina, maxn, limite 18 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	10099	10086	6653	8089	8975	8437
Nodi esplorati	2480010	2685543	2194500	2419241	2550650	2491500
Stati finali raggiunti	11701	13766	8843	8341	10254	8266
Cut-off	767792	944804	592188	734815	832829	756158
Hash store	2473273	2677319	2190036	2412896	2543558	2484968
Hash hit	6737	8224	4464	6345	7092	6532

Tabella 3.65: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 3 pedine, limite 50 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	1723	1366	1083	998	1403	1318
Nodi esplorati	352892	369509	333955	334764	413723	402445
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	161899	169068	152457	153658	189651	184559
Hash store	352880	369496	333942	334753	413694	402409
Hash hit	12	13	13	11	29	36

Tabella 3.66: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	1315	1361	1355	823	880	830
Nodi esplorati	688480	841609	842161	742138	810779	770257
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	0	0	0	0	0	0
Hash store	688076	841016	841607	741604	810213	769753
Hash hit	404	593	554	534	566	504

Tabella 3.67: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 3 giocatori (ordine PL1->PL3->PL4), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	WINP5	WINP5	WINP5	WINP5	WINP5	WINP5
Tempo in ms	6779	10159	11280	8356	8162	10095
Nodi esplorati	1756240	2738489	3044242	2544910	2330169	2884739
Stati finali raggiunti	226	1007	770	852	358	924
Cut-off	799727	1253285	1391024	1166021	1064707	1320009
Hash store	1756224	2738485	3044238	2544907	2330165	2884731
Hash hit	16	4	4	3	4	8

Tabella 3.68: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	WINP5	WINP3	WINP5	WINP3	WINP2	WINP5
Tempo in ms	5954	7821	9712	8539	5852	7906
Nodi esplorati	3541093	5880955	6727514	6005014	4295362	6115691
Stati finali raggiunti	165	624	292	431	106	426
Cut-off	201	692	339	533	139	495
Hash store	3540972	5880804	6727350	6004859	4295232	6115543
Hash hit	121	151	164	155	130	148

Tabella 3.69: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 4 giocatori (ordine PL1->PL3->PL2->PL5), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	9587	8336	7757	8524	7451	9406
Nodi esplorati	2992702	2439366	2310068	2900746	2359058	3095826
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	1346947	1097492	1029432	1305113	1052662	1394160
Hash store	2992702	2439366	2310068	2900746	2359058	3095826
Hash hit	0	0	0	0	0	0

Tabella 3.70: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 3 pedine, paranoid, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5	6
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	24731	25929	25967	17591	21546	21888
Nodi esplorati	13224912	16754099	17077278	12939986	15430000	16023912
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0	0
Cut-off	0	0	0	0	0	0
Hash store	13224912	16754099	17077278	12939984	15430000	16023912
Hash hit	0	0	0	2	0	0

Tabella 3.71: Risultati Modello MoveOrdering tabellone 6 giocatori (ordine PL1->PL6->PL3->PL2->PL4->PL5), 3 pedine, maxn, limite 12 turni

Mossa	1	2	3	4	5
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	1662235	2462820	1702030	1538558	2245016
Nodi esplorati	189602893	238141320	167252039	164330708	237479159
Stati finali raggiunti	493	2421	864	723	2136
Cut-off	52626929	66471093	54708937	53327358	65536869
Hash store	189602535	238140962	167251844	164330486	237478777
Hash hit	358	358	195	222	382

Tabella 3.72: Risultati Modello MoveOrdering (1-5) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 6 pedine, limite 14 turni

Mossa	6	7	8	9	10
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	1568535	1534836	2458240	1926832	1290441
Nodi esplorati	183815380	178315692	219988816	218296025	168316788
Stati finali raggiunti	467	793	2010	1844	564
Cut-off	50701096	53340973	62819152	64213390	49284073
Hash store	183814996	178315416	219988590	218295801	168316364
Hash hit	384	276	226	224	424

Tabella 3.73: Risultati Modello MoveOrdering (6-10) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 6 pedine, limite 14 turni

Mossa	1	2	3	4
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	80528	88681	85356	73465
Nodi esplorati	6774237	7864982	8354415	6933911
Stati finali raggiunti	0	0	0	0
Cut-off	1948764	1999091	2016733	1976823
Hash store	6774237	7864982	8354415	6933911
Hash hit	0	0	0	0

Tabella 3.74: Risultati Modello MoveOrdering (1-4) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 10 pedine, limite 10 turni

Mossa	5	6	7	8	9
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	72539	92175	90192	70101	75099
Nodi esplorati	6864199	8385060	8014280	6856860	7538036
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0
Cut-off	1980424	2020683	2006367	1951710	1974148
Hash store	6864198	8385060	8014280	6856860	7538036
Hash hit	1	0	0	0	0

Tabella 3.75: Risultati Modello MoveOrdering (5-9) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 10 pedine, limite 10 turni

Mossa	10	11	12	13	14
Risultato	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW	DRAW
Tempo in ms	79716	85500	79391	77543	74165
Nodi esplorati	8260706	8017966	7999818	8219505	7335090
Stati finali raggiunti	0	0	0	0	0
Cut-off	2009148	1940169	1968862	2007071	1980676
Hash store	8260704	8017966	7999817	8219505	7335090
Hash hit	2	0	1	0	0

Tabella 3.76: Risultati Modello MoveOrdering (10-14) tabellone 2 giocatori (ordine PL1->PL2), 10 pedine, limite 10 turni