FACOLTA' DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE, INFORMATICA E STATISTICA

Corso di Laurea in Statistica Gestionale

Confronto sperimentale tra algoritmi di pairing nell'organizzazione di tornei di scacchi

Relatore:

Prof. Paolo Giulio Franciosa

Laureando:

Giovanni Marchese

Anno accademico 2012/2013

A mio nonno Giovanni, del quale porto orgogliosamente il nome.

Indice

Introduzione 5

1. Organizzare un torneo di scacchi

1.1 Cos'è un torneo di scacchi? 7

1.2 Il punteggio Elo 8

1.3 Gli algoritmi di pairing 10

1.3.1 Il sistema Svizzero Olandese 11

1.3.2 Il sistema Amalfi 17

1.3.3 Il girone all'italiana 23

2. Criteri di valutazione

2.1 Il torneo "ideale" 26

2.2 Relazioni tra elenco iniziale e classifica finale 27

2.3 Gli scontri diretti 29

2.4 Il pareggio 30

3. Simulazione

3.1 Singola partita 31

3.2 Tornei con sistema Olandese e Amalfi 32

3.3 Tornei con girone all'italiana 32

4. Analisi dei risultati

4.1 Correlazione: quadro generale 33

4.2 Analisi post-segmentazione 35

4.2.1 Divisione in classi per numerosità e turni 36

4.2.2 Divisione in classi di omogeneità 39

4.3 Scontri diretti 42

4.4 Pareggi 45

5. Conclusioni 49

Appendice 51

Bibliografia 60

Introduzione

Se “*gli scacchi sono la lotta contro l’errore*” [1], come diceva J. Zukertort[1], negli ultimi anni l’organizzazione dei tornei sta diventando la lotta contro gli scacchisti stessi. Organizzare un torneo di scacchi infatti è un compito assai complicato, in quanto significa dover creare, a partire da una lista di giocatori iscritti, gli accoppiamenti tra questi ultimi turno dopo turno secondo una serie di regole: nulla può essere lasciato al caso, perché diversi accoppiamenti sono inevitabilmente causa di diversi risultati.
Posto che alcune tipologie di torneo piuttosto banali – le elencheremo in seguito – non sono applicabili, il problema fondamentalmente più difficile da risolvere è quello di garantire un singolo vincitore tra tutti gli iscritti in un numero limitato di turni mantenendo i costi, sia di iscrizione che di organizzazione, al livello più basso possibile: è per questo che ci concentreremo sul problema del *pairing*, che è oggetto di studio da parte di scienziati e appassionati, non solo del gioco degli scacchi, sin dalla seconda metà del XIX secolo. [2]
I sistemi di accoppiamento sinora creati, che come vedremo sono dei veri e propri algoritmi, sono molteplici e nessuno di essi ha totalmente prevalso sugli altri, motivo per cui le Federazioni nazionali consentono l’uso di più di un sistema agli organizzatori locali di tornei, i quali devono quindi farsi carico di una difficoltosa decisione che spesso e volentieri li espone a feroci critiche, specie da parte dei giocatori più forti. [3]
In questa tesi metteremo a confronto una variante di uno dei più classici dei sistemi, ovvero lo Svizzero di tipo “Olandese”, con uno degli algoritmi di più recente creazione, ovvero il Sistema Amalfi; tratteremo inoltre, in maniera più ridotta per via del limitato utilizzo che se ne può fare, anche il cosiddetto “Girone all’italiana” o Round Robin.
Lo studio che effettueremo sarà del tutto sperimentale e si svolgerà in tre fasi: la prima consisterà nell’individuazione dei criteri di valutazione dei tornei, la seconda nella loro simulazione e la terza nell’analisi dei risultati ottenuti.
Riguardo alla prima fase ci porremo il problema di individuare le caratteristiche del torneo ideale e di tradurle in indici statistici da calcolare e contestualmente confrontare.
Per la fase della simulazione faremo uso di alcuni pacchetti software che ci permetteranno di ripetere tutti i 488 tornei regolamentati dalla FSI che si sono realmente svolti in Italia nell’anno 2012: ognuno di questi tornei sarà quindi simulato con tutti e tre i sistemi di *pairing*[2].

---

[1] Johannes Zukertort (1842-1888) fu, nel 1886, assieme a Wilhelm Steiniz (1836-1900), il primo a prender parte ad una finale del Campionato Mondiale di scacchi (che fu vinto da Steiniz).
[2] Termine tecnico che significa “abbinamento” o “accoppiamento”.

La terza ed ultima fase consisterà nell'analisi dei risultati che otterremo attraverso le simulazioni: per la raccolta e il trattamento dei dati useremo fogli elettronici e programmi di analisi statistica, soffermandoci però maggiormente sui due algoritmi complessi e meno sul "girone all'italiana", che sarà usato più come caso limite, essendo nella maggior parte dei casi reali non applicabile.
Cercheremo dunque di trarre conclusioni al fine di essere in grado di dire, a seconda del caso o delle caratteristiche richieste per il torneo, quale dei due algoritmi risulti migliore e perché.

1. Organizzare un torneo di scacchi

1.1 Cos'è un torneo di scacchi?

Un torneo di scacchi è una competizione in cui si gioca un certo numero di partite tra i giocatori partecipanti al fine di decretare una classifica finale e quindi un vincitore. E' convenzione generale assegnare 1 punto per la vittoria, 0.5 punti per il pareggio e 0 punti per la sconfitta.

Esistono tornei individuali e a squadre: studieremo l'andamento dei primi, soffermandoci in particolare sulla loro organizzazione che deve seguire le normative stabilite dalla FIDE[3], la Federazione Internazionale degli Scacchi.

Nonostante la formalizzazione del gioco degli scacchi moderni risalga al secolo XV, non si hanno notizie di veri e propri tornei fino alla metà del secolo XIX (Leeds, 1841 e Londra, internazionale, 1851 [4]); nel corso della storia sono state inventate svariate formule organizzative di tornei che trovano applicazione non soltanto negli scacchi, ma in quasi tutti gli sport.

Di seguito elenchiamo le tipologie più importanti:

- Torneo ad eliminazione diretta: utilizzato in svariate competizioni sportive non solo individuali, consiste nell'accoppiare i giocatori a due a due nel primo turno e far procedere ai turni successivi solo i vincitori eliminando i perdenti, sino a designare il vincitore unico in un incontro finale. Questo sistema è praticamente in disuso negli scacchi a causa dell'inconveniente della casualità del sorteggio delle coppie del primo turno, che può decretare l'eliminazione precoce di giocatori "forti". Inoltre non è incoraggiante per i partecipanti il fatto che la metà degli iscritti sia destinata ad abbandonare il torneo dopo la prima partita;
- Girone all'italiana: detto anche *round robin*, è una competizione in cui ogni giocatore incontra una ed una sola volta tutti gli altri partecipanti. Si contrappongono in questo caso il vantaggio di avere una classifica finale inattaccabile con lo svantaggio dell'eccessiva durata della competizione al crescere della numerosità. Si possono ovviamente effettuare più gironi (es. un campionato di calcio dura 2 gironi);
- Torneo a due fasi: nella prima parte, spesso definita *regular season*, i giocatori si sfidano in uno o più gironi all'italiana; la seconda parte, cui accede solo un certo numero di giocatori, tipicamente i migliori, è detta *play-off* e si svolge come un torneo ad eliminazione diretta;

[3] FIDE è la sigla che sta per Fédération Internationale des Échecs: la denominazione in lingua francese è dovuta al luogo della fondazione, ossia Parigi, nel 1924.

- Sistema Svizzero: ogni giocatore prende parte ad un prestabilito numero di incontri (uguale per tutti), perciò, a differenza del girone all'italiana, affronta solo una parte dei partecipanti. Appartengono a questa categoria i sistemi che confronteremo in questo elaborato, ovvero l'Olandese e l'Amalfi.

1.2 Il punteggio Elo

Il sistema Olandese e l'Amalfi sono detti *rating based systems*, ovvero si basano sulla presenza di un punteggio inizialmente non dipendente dal torneo con cui i giocatori si "presentano" e vengono inseriti in un *ranking* dal quale dipendono gli accoppiamenti del primo turno.
Si parla in genere di *ranking* per indicare una classifica in cui giocatori sono ordinati in base ad un punteggio: nel caso degli scacchi, dal 1970 la FIDE ha deciso di adottare il punteggio Elo.
Il sistema di punteggio fu ideato dal professor Arpad Elo [5] nel 1960 come implementazione dell'Harkness Rating, uno dei primissimi sistemi di classificazione numerica in ambito sportivo; il lavoro di Elo si basa su due principi:

- stimare il reale valore di un giocatore è molto difficile e quindi ci si può affidare solamente ai risultati che egli ottiene nelle partite che gioca;
- l'abilità di un giocatore nel corso di una partita è descritta da una variabile casuale normale.

Lo schema di assegnazione di punteggi definito da Elo è stato modificato nel tempo in seguito a nuovi test statistici che hanno dimostrato che quasi certamente l'abilità scacchistica non è distribuita normalmente, inoltre ogni federazione ha adottato una diversa gestione dell'incertezza riguardante i punteggi dei giocatori (in seguito mostreremo la tabella di probabilità utilizzata dalla FIDE), ma per rispetto al grande contributo apportato da Elo si usa ancora il suo nome.
È fondamentale a questo punto precisare che non tutte le vittorie, i pareggi o le sconfitte hanno lo stesso valore e che tale valore dipende esclusivamente dalla differenza tra la propria "forza" e quella dell'avversario affrontato: a livello matematico, quindi, il rendimento di un giocatore ha significato solo se relazionato al punteggio del suo rivale ed è possibile quindi aggiornare il rating Elo di ogni giocatore al termine di ogni partita, torneo o periodo (le Federazioni lo fanno ad esempio con cadenza mensile).
L'idea di A. Elo per l'aggiornamento del punteggio è semplice: bisogna attribuire a entrambi i giocatori un punteggio atteso, ovvero la probabilità di vittoria più metà della probabilità di pareggio, confrontarlo con il risultato della partita (1 = vittoria,

0.5 = pareggio, 0 = sconfitta) e infine creare il nuovo rendimento aggiustando verso l'alto o verso il basso il rendimento prima del *match*.
Posto che R_A e R_B sono i rating attuali dei giocatori A e B, le formule che determinano il punteggio atteso dei due sfidanti sono:

$$E_A = \frac{1}{1 + 10^{\frac{R_B - R_A}{400}}} \qquad E_B = \frac{1}{1 + 10^{\frac{R_A - R_B}{400}}}$$

Si noti che E_A e E_B rappresentano due probabilità, infatti $E_A + E_B = 1$.
Una volta acquisito il risultato finale dell'incontro, la formula per l'aggiornamento del *rating* per entrambi i giocatori è la seguente:

$$R'_A = R_A + K(S_A - E_A)$$

- R'_A indica il nuovo rendimento del giocatore A;
- R_A indica il vecchio rendimento del giocatore A;
- K indica la costante di massimo aggiustamento[4];
- S_A indica il risultato partita per il giocatore A;
- E_A indica il punteggio atteso del giocatore A.

A partire da queste formule è stata creata la tabella che definisce le probabilità del risultato finale condizionatamente alla differenza di rating tra i due giocatori. Per semplificare la tabella sono state create 51 fasce di differenza Elo e ad ognuna di esse è stata assegnata una terna di probabilità (vittoria A, pareggio, vittoria B).

Diff Elo	P_A	P_X	P_B	Diff Elo	P_A	P_X	P_B	Diff Elo	P_A	P_X	P_B	Diff Elo	P_A	P_X	P_B
0-3	.33	.34	.33	92-98	.50	.26	.24	198-206	.68	.16	.16	345-357	.85	.08	.07
4-10	.34	.34	.32	99-106	.52	.24	.24	207-215	.69	.16	.15	358-374	.86	.08	.06
11-17	.36	.32	.32	107-113	.53	.24	.23	216-225	.70	.16	.14	375-391	.88	.06	.06
18-25	.37	.32	.31	114-121	.54	.24	.22	226-235	.72	.14	.14	392-411	.89	.06	.05
26-32	.38	.32	.30	122-129	.56	.22	.22	236-245	.73	.14	.13	412-432	.90	.06	.04
33-39	.40	.30	.30	130-137	.57	.22	.21	246-256	.74	.14	.12	433-456	.92	.04	.04
40-46	.41	.30	.29	138-145	.58	.22	.20	257-267	.76	.12	.12	457-484	.93	.04	.03
47-53	.42	.30	.28	146-153	.60	.20	.20	268-278	.77	.12	.11	485-517	.94	.04	.02
54-61	.44	.28	.28	154-162	.61	.20	.19	279-290	.78	.12	.10	518-559	.96	.02	.02
62-68	.45	.28	.27	163-170	.62	.20	.18	291-302	.80	.10	.10	560-619	.97	.02	.01
69-76	.46	.28	.26	171-179	.64	.18	.18	303-315	.81	.10	.09	620-735	.98	.01	.01
77-83	.48	.26	.26	180-188	.65	.18	.17	316-328	.82	.10	.08	> 735	.99	.01	.00
84-91	.49	.26	.25	189-197	.66	.18	.16	329-344	.84	.08	.08				

[4] K assume valori diversi: 25 per i nuovi giocatori, che scende a 15 dalla 30^ partita in poi e diventa quindi 10 al superamento della soglia Elo di 2400.

1.3 Gli algoritmi di *pairing*

Ogni anno in Italia si svolgono circa 500 tornei ufficiali di scacchi che coinvolgono quasi 15000 giocatori, per cui gli organizzatori si trovano a dover gestire competizioni che contano un numero di iscritti che mediamente si aggira intorno alla trentina ma in molti casi supera anche le 50 unità.
Esistono quindi chiaramente dei limiti per quanto concerne tempi e costi che rendono molto delicata la fase di organizzazione; restando in ambito nazionale, la Federazione Italiana ha stabilito che la durata di un torneo deve essere compresa tra 5 e 10 turni, in modo tale da limitare i costi organizzativi e di conseguenza i costi di iscrizione che i giocatori pagano.
La necessità dell'utilizzo di particolari sistemi di accoppiamento è sintetizzata nella frase di Leonard Barden: *"Il Sistema Svizzero è la risposta alla richiesta di disputare i tornei di scacchi con costi e tempi ragionevoli"* [2].
D'ora in avanti generalmente parleremo di "accoppiamento" o *pairing* per intendere la creazione di insiemi composti da coppie di unità: questi insiemi saranno definiti "turni", mentre le coppie di giocatori daranno luogo a "partite" o "incontri".
Presentiamo ora nel dettaglio i 3 sistemi di accoppiamento che saranno oggetto di studio nel nostro esperimento: l'Olandese, l'Amalfi e il girone all'italiana.
I primi due algoritmi saranno mostrati passo dopo passo e risultano sicuramente più complessi, fondamentalmente per due motivi:

- la creazione di ogni turno dipende dalla classifica al termine del turno precedente;
- bisogna garantire, entro limiti che vedremo, l'alternanza dell'uso degli scacchi bianchi e dei neri.

Il girone all'italiana sarà preso in considerazione come caso limite, in quanto attualmente quasi nessun torneo viene organizzato con questo sistema per via delle evidenti problematiche relative a costi e durata cui abbiamo precedentemente accennato. Facciamo riferimento a questo sistema perché, come vedremo, ha le caratteristiche del torneo ideale.
Per fare chiarezza sulla notazione che utilizzeremo in seguito precisiamo che:

- N = Numero degli iscritti al torneo;
- T = Durata del torneo, intesa come numero di turni;
- La lista iniziale o "ordine di partenza" è l'elenco dei giocatori ordinato secondo il loro punteggio Elo ad inizio torneo;
- La classifica finale è l'elenco dei giocatori ordinato secondo i punti che essi hanno accumulato durante il torneo.

Va infine specificato che in questi tornei nessuno dei giocatori viene <u>mai</u> eliminato.

1.3.1 Il sistema Svizzero Olandese

Il primo sistema di tipo Svizzero fu implementato nell'ultimo decennio del XIX secolo da J. Muller [6] e si chiama così perché il primo torneo in cui venne utilizzato questo tipo di accoppiamento si svolse a Zurigo nel 1895: l'idea di Muller era che ogni giocatore va accoppiato turno dopo turno contro avversari che hanno, fino a quel punto, raccolto lo stesso numero di punti.
L'Olandese, come già detto, è una delle varianti di tale sistema e deve il suo nome alla nazione in cui venne sviluppato. Di seguito ne riportiamo l'algoritmo passo dopo passo:

1. *<u>Stabilire lista iniziale</u>*
   Disporre in ordine discendente i giocatori in base al loro punteggio Elo. Le eventuali situazioni di parità si risolvono tramite *rating*, titolo FIDE e sorteggio.
2. *<u>Assegnazione del bye</u>*
   - Nel caso in cui il numero di iscritti sia dispari, si assegna il *bye*, ovvero la partita vinta a tavolino, all'ultimo giocatore della Lista;
   - La vittoria per *bye* vale 1 punto e la partita è considerata senza uso di colore;
   - Lo stesso giocatore può avere il *bye* per più di una volta.
3. *<u>Criteri di accoppiamento</u>*

   3.1 Concetto di "compatibilità"
   - In tutti i turni, tranne l'ultimo, due giocatori si dicono "compatibili" se ricorrono le seguenti condizioni: non si sono ancora incontrati, nessuno dei due viene costretto a giocare per 3 volte di fila con lo stesso colore e nessuno dei due viene costretto a usare un colore 3 volte in più del colore opposto;
   - Nell'ultimo turno conta solo non aver incontrato in precedenza l'avversario.

   3.2 Creazione della classifica parziale
   Elencare i giocatori in ordine decrescente in base ai criteri:
   - Punteggio acquisito nel torneo in corso;
   - Posizione nell'ordine iniziale.

   3.3 Creazione del primo turno
   Dividere il gruppo di partenza in due sottogruppi S_1 e S_2 contenenti la prima metà dei giocatori arrotondata per difetto e la seconda per

eccesso, quindi accoppiare il 1° giocatore di S_1 col 1° di S_2, il 2° di S_1 col 2° di S_2 e così via creando tutti gli incontri.
Le scacchiere, termine tecnico per indicare un incontro, vanno ordinate per punteggio del giocatore migliore, somma dei punteggi, ordine iniziale.

3.4 *Creazione turni successivi al primo*

- Dividere la classifica parziale in "gruppi di punteggio omogeneo", ovvero insiemi di giocatori che hanno accumulato gli stessi punti;
- Una volta verificate le preferenze di colore (vedi pto 4), stabilire il numero di coppie del gruppo e dividerlo di nuovo in 2 sottogruppi, quindi creare accoppiamenti. Se questi non rispettano il colore, spostare giocatori da S_2 dal basso verso l'alto e ritentare;
- Se un giocatore o più dovessero risultare non accoppiati allora vanno spostati nel gruppo successivo, che diventerà "gruppo a punteggio eterogeneo": i giocatori spostati saranno detti *downfloater*. In questo nuovo gruppo avviene ancora una volta la divisione in due sottogruppi: in S_1 andranno i flottanti e i giocatori che hanno incompatibilità con altri in S_2;
- Eseguire quindi nuovi accoppiamenti sempre cercando di rispettare le preferenze; i restanti giocatori di S_2 non accoppiati con quelli di S_1 formeranno un nuovo gruppo chiamato "residuo omogeneo", per il quale si applica la stessa procedura.

4. *Assegnazione del colore*

4.1 *Primo turno*

Assegnare un colore sorteggiato al giocatore in cima all'ordine iniziale e scorrere la lista alternando il colore per i giocatori in S_1: i giocatori di rango pari avranno un colore e i dispari avranno l'opposto.

4.2 *Concetto di "preferenza del colore"*

- W = n° di partite in cui il giocatore ha utilizzato scacchi bianchi;
- B = n° di partite in cui il giocatore ha utilizzato scacchi neri;
- d = posizione del giocatore nella classifica parziale;
- $C_d = W - B$, {per ogni d = 1, … , N}.

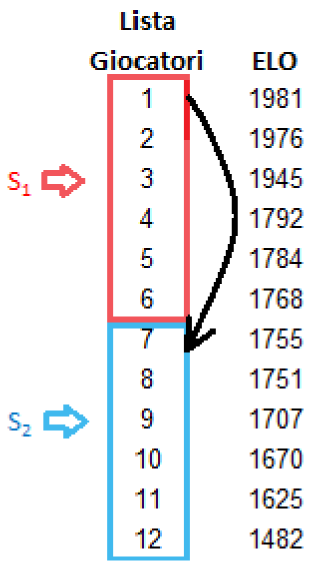
I tre tipi di preferenza sono:

- Preferenza assoluta: se $|C_d| > 1$
  in tal caso il giocatore deve avere il colore che gli è stato assegnato meno spesso;

- Preferenza forte : se $|C_d| = 1$
  in tal caso, ove possibile, assegnare colore opposto a quello usato più spesso;
- Preferenza debole : se $C_d = 0$
  assegnare colore in base alle preferenze altrui.

N.B. Nell'ultimo turno si possono forzare le preferenze di colore a favore della compatibilità.

Va evidenziato come sia stato dimostrato che questo algoritmo è in grado quasi certamente di fornire un vincitore unico se $N \leq 2^T$.
Vediamo di seguito come funziona la creazione dei turni di un torneo con sistema Olandese tramite rappresentazioni grafiche; il torneo preso in considerazione[5] ha 12 iscritti, dura 5 turni ed è stato realmente disputato e quindi da noi simulato.



1° Turno

Id B	Elo B	Id N	Elo N	Risultati
1	1981	7	1755	1 - 0
8	1751	2	1976	0 - 1
3	1945	9	1707	1 - 0
10	1670	4	1792	0 - 1
5	1784	11	1625	1 - 0
12	1482	6	1768	1 - 0

Turno 1 Olandese: dopo aver diviso l'elenco in due sottogruppi, accoppio via via i giocatori di S_1 e S_2 scorrendo i due elenchi. Questo turno dipende <u>solamente</u> dagli Elo dei giocatori.

[5] Torneo identificato dal codice: 1201043A, CP Belluno – Trichiana - 13.01.2012-15.01.2012.

	Classifica				
	Posizione	Id Giocatore	ELO	Punti	Partite
	1	12	1482	1	+B12
S_1	2	1	1981	1	+B7
	3	2	1976	1	+N8
	4	3	1945	1	+B9
S_2	5	4	1792	1	+N10
	6	5	1784	1	+B11
	7	7	1755	0	-N2
S_1	8	8	1751	0	-B3
	9	9	1707	0	-N4
	10	10	1670	0	-B5
S_2	11	11	1625	0	-N6
	12	6	1768	0	-N1

2° Turno				
Id B	Elo B	Id N	Elo N	Risultati
4	1792	1	1981	0 - 1
2	1976	5	1784	1 - 0
12	1482	3	1945	0 - 1
6	1768	9	1707	½ - ½
7	1755	10	1670	½ - ½
11	1625	8	1751	½ - ½

Turno 2 Olandese: l'elenco Elo è ora la classifica parziale[6] *del torneo. Si sono creati 2 gruppi di punteggio omogeneo, divido entrambi in due sottogruppi e procedo all'accoppiamento, come per il turno 1, una volta verificata la compatibilità di tutti i giocatori.*

	Classifica								
	Posizione	Id Giocatore	ELO	Punti	Partite		Preferenza	Nuovi gruppi	Id
S_1	1	1	1981	2.0	+B9	+N5	debole	S_1	1
S_2	2	2	1976	2.0	+N12	+B6	debole	S_2	2
	3	3	1945	2.0	+B11	+N4	debole	S_1	3
S_1	4	12	1482	1.0	+B7	-B3	B assoluta		12
S_2	5	4	1792	1.0	+N10	-B1	debole	S_2	4
	6	5	1784	1.0	+B8	-N2	debole		5
	7	6	1768	0.5	-N4	+B11	debole		6
S_1	8	11	1625	0.5	-N6	+B12	debole	S_1	11
	9	7	1755	0.5	-N1	=B10	debole		7
	10	10	1670	0.5	-B5	=N9	debole		10
S_2	11	9	1707	0.5	-N3	-N7	B assoluta	S_2	9
	12	8	1751	0.5	-B2	-N8	debole		8

Turno 3 Olandese: i gruppi di punteggio omogeneo sono ora 3, i sottogruppi dunque 6. Non abbiamo incompatibilità, ma già nel secondo sottogruppo c'è un giocatore, il 3, che non è accoppiato e deve dunque diventare downfloater: viene inserito nel sottogruppo successivo, assieme al 12, quindi si può procedere con gli abbinamenti che rispettano agevolmente anche le uniche due preferenze assolute di colore.

[6] La classifica comprende: Id giocatore, ovvero posizione occupata nell'elenco Elo iniziale, punti raccolti, partite giocate, ove {+, =, -} è il risultato, {B,N} è il colore usato e {1,…,12} è la posizione attuale dell'avversario.

3° Turno

Id B	Elo B	Id N	Elo N	Risultati
1	1981	2	1976	½ - ½
3	1945	4	1792	1 - 0
5	1784	12	1482	1 - 0
10	1670	6	1768	0 - 1
8	1751	7	1755	½ - ½
9	1707	11	1625	½ - ½

Classifica

Posizione	Id Giocatore		ELO	Punti	Partite			Preferenza	Gruppi	Id
1	3	X	1945	3.0	+B7	+N10	+B6	N forte	S_1	3
2	1		1981	2.5	+B9	+N6	=B3	N forte		1
3	2		1976	2.5	+N11	+B4	=N2	B forte	S_2	2
4	5	X	1784	2.0	+B8	-N3	+B10	N forte		5
5	6	X	1768	1.5	-N10	=B7	+N12	B forte		6
6	4		1792	1.0	+N12	-B2	-N1	B forte		4
7	9		1707	1.0	-N1	=N5	=B8	B forte	S_1	9
8	11		1625	1.0	-N4	=B11	=N7	B forte		11
9	7		1755	1.0	-N2	=B12	=N11	B forte		7
10	12		1482	1.0	+B5	-B1	-N4	N forte	S_2	12
11	8		1751	1.0	-B3	=N8	=B9	N forte		8
12	10	X	1670	0.5	-B6	=N9	-B5	N forte		10

Turno 4 Olandese: i gruppi di punteggio omogeneo sono 6, ma 4 (segnati con la X) sono composti da un solo giocatore; nel primo caso il giocatore 3 si unisce al primo S_1 mentre il giocatore 5 entra nel primo S_2. Stesso discorso va fatto per i giocatori 6 e 10, che si uniscono agli altri due sottogruppi e forniscono accoppiamenti che in quasi tutti i casi rispettano la preferenza forte.

4° Turno

Id B	Elo B	Id N	Elo N	Risultati
2	1976	3	1945	½ - ½
5	1784	1	1981	0 - 1
6	1768	7	1755	½ - ½
4	1792	12	1482	1 - 0
9	1707	8	1751	½ - ½
11	1625	10	1670	1 - 0

Classifica

Posizione	Id Giocatore		ELO	Punti	Partite				Preferenza	Gruppi	Id
1	1		1981	3.5	+B8	+N4	=B3	+N5	debole	S_1	1
2	3		1945	3.5	+B10	+N11	+B4	=N3	debole	S_2	3
3	2	X	1976	3.0	+N9	+B5	=N1	=B2	debole		2
4	4		1792	2.0	+N12	-B1	-N2	+B11	debole	S_1	4
5	5		1784	2.0	+B7	-N3	+B11	-B1	N assoluta		5
6	6		1768	2.0	-N11	=B10	+N12	=B8	debole	S_2	6
7	11		1625	2.0	-N5	=B9	=N10	+B12	debole		11
8	7		1755	1.5	-N1	=B12	=N9	=N6	B assoluta	S_1	7
9	8		1751	1.5	-B3	=N7	=B8	=N10	debole	S_2	8
10	9		1707	1.5	-N2	=N6	=B7	=B9	debole		9
11	12	X	1482	1.0	+B6	-B2	-N5	-N4	debole	S_1	12
12	10	X	1670	0.5	-B4	=N8	-B6	-N7	debole	S_2	10

Turno 5 Olandese: ci sono 6 gruppi di punteggio omogeneo, dei quali 3 contengono una sola unità. Il primo downfloater è il giocatore 2, che si unisce al sottogruppo successivo, rendendo flottante a sua volta il giocatore 5, il quale dunque si unisce all'S_1 successivo. Gli ultimi due giocatori vengono accoppiati in quanto compatibili.

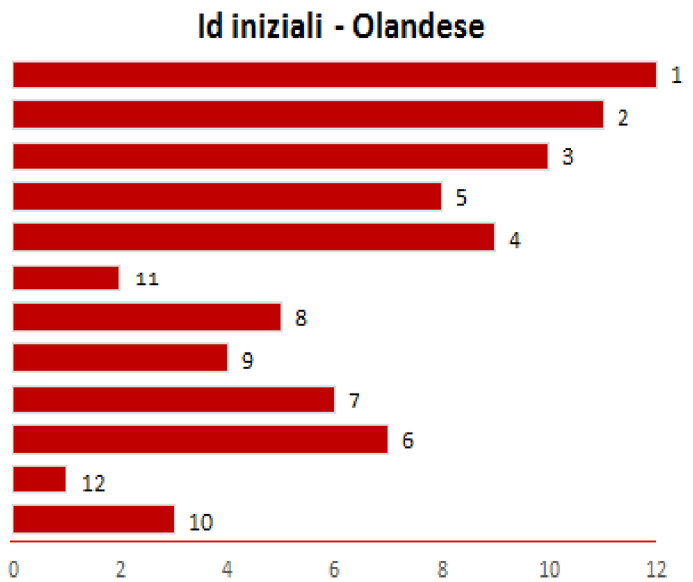
5° Turno

Id B	Elo B	Id N	Elo N	Risultati
1	1981	3	1945	½ - ½
6	1768	2	1976	0 - 1
4	1625	11	1792	0 - 1
8	1751	5	1784	½ - ½
7	1755	9	1707	0 - 1
12	1482	10	1670	½ - ½

Vediamo di seguito la classifica finale con due grafici: il primo fa riferimento alle posizioni iniziali dei giocatori, mentre il secondo ai loro punteggi Elo.

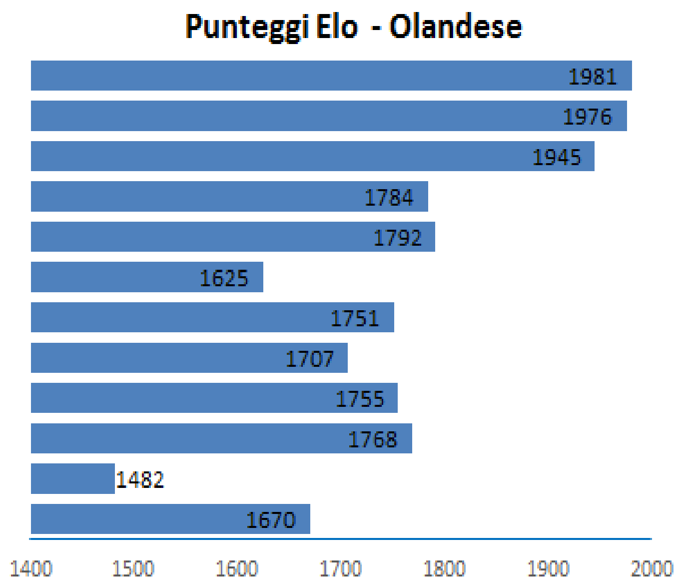
Classifica finale

Posizione	Id Giocatore	ELO	Punti
1	1	1981	4.0
2	2	1976	3.5
3	3	1945	3.5
4	5	1784	3.0
5	4	1792	2.5
6	11	1625	2.5
7	8	1751	2.5
8	9	1707	2.0
9	7	1755	2.0
10	6	1768	1.5
11	12	1482	1.5
12	10	1670	1.5



Classifica finale

Posizione	Id Giocatore	ELO	Punti
1	1	1981	4.0
2	2	1976	3.5
3	3	1945	3.5
4	5	1784	3.0
5	4	1792	2.5
6	11	1625	2.5
7	8	1751	2.5
8	9	1707	2.0
9	7	1755	2.0
10	6	1768	1.5
11	12	1482	1.5
12	10	1670	1.5



Tramite questi due grafici si possono osservare meglio gli scambi di posizione avvenuti tra la lista di partenza iniziale e la classifica finale: come vedremo in seguito, c'è differenza se si valutano solo le posizioni o anche gli Elo dei giocatori coinvolti negli scambi.

1.3.2 Il sistema Amalfi

Il sistema Amalfi è di recente implementazione (tanto da essere ancora considerato una "sperimentazione") e deve il suo nome al professor Amalfi, noto giocatore ed arbitro italiano [7]. Questo algoritmo ha subito alcuni aggiornamenti, lo vediamo di seguito nel dettaglio:

1. *Stabilire lista iniziale*
   Disporre in ordine discendente i giocatori in base al loro punteggio Elo. Le eventuali situazioni di parità si risolvono tramite *rating*, titolo FIDE e sorteggio.
2. *Assegnazione del bye*
   - Nel caso in cui il numero di iscritti sia dispari, si assegna il *bye*, ovvero la partita vinta a tavolino, all'ultimo giocatore della Lista;
   - La vittoria per *bye* vale 1 punto e la partita è considerata senza uso di colore;
   - Lo stesso giocatore può avere il *bye* per più di una volta.

3. *Criteri di accoppiamento*

3.1 *Concetto di "compatibilità"*

- In tutti i turni, tranne l'ultimo, due giocatori si dicono "compatibili" se ricorrono le seguenti condizioni: non si sono ancora incontrati, nessuno dei due viene costretto a giocare per 3 volte di fila con lo stesso colore e nessuno dei due viene costretto a usare un colore 3 volte in più del colore opposto;
- Nell'ultimo turno conta solo non aver incontrato l'avversario.

3.2 *Creazione della classifica parziale*

Elencare i giocatori in ordine decrescente in base ai criteri

- Punteggio acquisito nel torneo in corso;
- Posizione nell'ordine iniziale.

3.3 *Creazione del turno*

Dopo aver (eventualmente) accoppiato il giocatore assegnato al *bye*, bisogna procedere con il 1° giocatore della classifica parziale (3.2): il suo avversario sarà colui che in tale elenco occupa la posizione così determinata:

(Posizione giocatore da accoppiare) + (Numero di turni rimanenti)

A meno che:

- Il giocatore risulti già accoppiato;
- Il giocatore non sia "compatibile";
- La posizione dell'avversario teorico sia superiore a N nella classifica parziale.

In questi casi l'avversario sarà ricercato secondo i seguenti criteri:

1) RISALENDO la classifica parziale, a partire dall'avversario teorico appena "scartato", fino alla posizione successiva a quella del giocatore da accoppiare;
2) SCORRENDO la classifica parziale, a partire dall'avversario teorico appena "scartato", fino all'ultima posizione;
3) ANNULLANDO l'ultima coppia individuata e ricercando un diverso avversario al primo giocatore da accoppiare (seguendo i criteri 1 e 2).

4. *Assegnazione del colore*

4.1 *Primo turno*

Si assegna per sorteggio un colore al giocatore in cima alla lista inziale e si alterna di volta in volta (quindi i giocatori che occupano posizione pari avranno colore opposto a coloro che occupano posizione dispari).

4.2 Assegnazione Bianco

Assegnare Bianco a chi ha fatto fino a quel momento più partite col Nero (% reale), purché ciò non violi i criteri di compatibilità (3.1).

4.3 Caso parità

- A parità di % di partite giocate col Nero, assegnare Bianco al giocatore che ha giocato col Nero più recentemente mentre l'altro aveva Bianco o *bye*
- A parità di condizioni precedenti, il giocatore più in alto nella Lista iniziale avrà colore opposto alla sua ultima partita giocata.

Vediamo ora graficamente lo svolgimento, turno dopo turno, di un torneo con sistema Amalfi: prenderemo in considerazione la stessa identica competizione mostrata nel paragrafo precedente.

Lista Giocatori	ELO	Id gioc +5
1	1981	6
2	1976	7
3	1945	8
4	1792	9
5	1784	10
6	1768	-
7	1755	-
8	1751	-
9	1707	-
10	1670	-
11	1625	12
12	1482	-

1° Turno

Id B	Elo B	Id N	Elo N	Risultati
1	1981	6	1768	1 - 0
7	1755	2	1976	0 - 1
3	1945	8	1751	1 - 0
9	1707	4	1792	½ - ½
5	1784	10	1670	1 - 0
12	1482	11	1625	1 - 0

Turno 1 Amalfi: accoppio ogni giocatore con lo sfidante che si trova 5 posizioni più in giù nella classifica. Gli ultimi due giocatori sono abbinati per mancanza di alternative.

Classifica

Posizione	Id Giocatore	ELO	Punti	Partite	Id gioc +4
1	1	1981	1.0	+B8	12
2	2	1976	1.0	+N9	4
3	3	1945	1.0	+B10	9
4	5	1784	1.0	+B11	6
5	12	1482	1.0	+B12	-
6	4	1792	0.5	=N7	-
7	9	1707	0.5	=B6	-
8	6	1768	0.0	-N1	-
9	7	1755	0.0	-B2	11
10	8	1751	0.0	-N3	10
11	10	1670	0.0	-N4	-
12	11	1625	0.0	-N5	-

2° Turno

Id B	Elo B	Id N	Elo N	Risultati
12	1482	1	1981	0 - 1
2	1976	4	1792	1 - 0
9	1707	3	1945	½ - ½
6	1768	5	1784	½ - ½
11	1625	7	1755	0 - 1
8	1751	10	1670	½ - ½

Turno 2 Amalfi: come per il turno 1, poiché siamo a 4 turni dal termine del torneo, i giocatori sono accoppiati con gli sfidanti che si trovano 4 posizioni più in giù. Stesso discorso fatto in precedenza per gli ultimi 4 giocatori: il 7 viene accoppiato con l'11 poiché è il più vicino alla posizione ideale dello sfidante, infine si disputa il match tra 8 e 10.

Classifica

Posizione	Id Giocatore	ELO	Punti	Partite		Id gioc +3	Id compat.
1	1	1981	2.0	+B9	+N7	5	
2	2	1976	2.0	+N5	+B8	7 (INC)	→ 3
3	3	1945	1.5	+B10	=N6	-	
4	5	1784	1.5	+B11	=N9	-	
5	7	1755	1.0	-B2	+N12	4	
6	9	1707	1.0	=B8	=B3	6	
7	12	1482	1.0	+B12	-B1	8	
8	4	1792	0.5	=N6	-N2	-	
9	6	1768	0.5	-N1	=B4	-	
10	8	1751	0.5	-N3	=B11	-	
11	10	1670	0.5	-N4	=N10	11	
12	11	1625	0.0	-N7	-B5	-	

Turno 3 Amalfi: dopo aver creato la prima coppia siamo alla prima incompatibilità: i giocatori 2 e 7 si sono già incontrati, quindi il nuovo match diventa 2-3. A questo punto, a partire dal giocatore 7 in giù si ripetono operazioni già viste nei turni precedenti.

3° Turno

Id B	Elo B	Id N	Elo N	Risultati
1	1981	5	1784	0 - 1
3	1945	2	1976	0 - 1
4	1792	7	1755	0 - 1
6	1768	9	1707	1 - 0
8	1751	12	1482	0 - 1
10	1670	11	1625	½ - ½

Classifica

Posizione	Id Giocatore	ELO	Punti	Partite			Id gioc +2	Id compat.
1	2	1976	3.0	+N4	+B10	+N6	1	
2	5	1784	2.5	+B9	=N7	+N3	7 (INC)	→ 12
3	1	1981	2.0	+B7	+N5	-B2	-	
4	7	1755	2.0	-B1	+N12	+N10	3	
5	12	1482	2.0	+B12	-B3	+N11	-	
6	3	1945	1.5	+B11	=N8	-B1	-	
7	6	1768	1.5	-N3	=B2	+B8	10	
8	9	1707	1.0	=B10	=B6	-N7	4 (INC)	→ 8
9	10	1670	1.0	-N2	=N11	=B12	-	
10	4	1792	0.5	=N8	-N1	-B4	11	
11	8	1751	0.5	-N6	=B9	-B5	-	
12	11	1625	0.5	-N5	-B4	=N9	-	

Turno 4 Amalfi: come nel turno precedente ci troviamo subito di fronte ad una incompatibilità: la risolviamo scorrendo la classifica e accoppiando giocatori 5 e 12. Proseguendo nell'iterazione avviene la stessa cosa con i giocatori 9 e 4, risolviamo accoppiando il primo dei due col giocatore subito dietro l'avversario scartato.

4° Turno

Id B	Elo B	Id N	Elo N	Risultati
2	1976	1	1981	½ - ½
5	1784	12	1482	1 - 0
7	1755	3	1945	0 - 1
10	1670	6	1768	0 - 1
9	1707	8	1751	1 - 0
11	1625	4	1792	0 - 1

Classifica

Posizione	Id Giocatore	ELO	Punti	Partite				Id gioc +1
1	2	1976	3.5	+N6	+B9	+N4	=B3	5
2	5	1784	3.5	+B10	=N5	+N3	+B8	-
3	1	1981	2.5	+B5	+N8	-B2	=N1	3
4	3	1945	2.5	+B11	=N7	-B1	+N6	-
5	6	1768	2.5	-N3	=B2	+B7	+N10	7
6	7	1755	2.0	-B1	+N12	+N9	-B4	-
7	9	1707	2.0	=B9	=B4	-N5	+B11	12
8	12	1482	2.0	+B12	-B8	+N11	-N2	-
9	4	1792	1.5	=N7	-N1	-B6	+N12	10
10	10	1670	1.0	-N2	=N11	=B12	-B5	-
11	8	1751	0.5	-N4	=B10	-B8	-N7	11
12	11	1625	0.5	-N8	-B6	=N10	-B9	-

Turno 5 Amalfi: siamo all'ultimo turno, ogni coppia dovrebbe essere costituita da giocatori che occupano posizioni di classifica adiacenti e nel nostro caso avviene esattamente così, in quanto non ci sono incompatibilità.

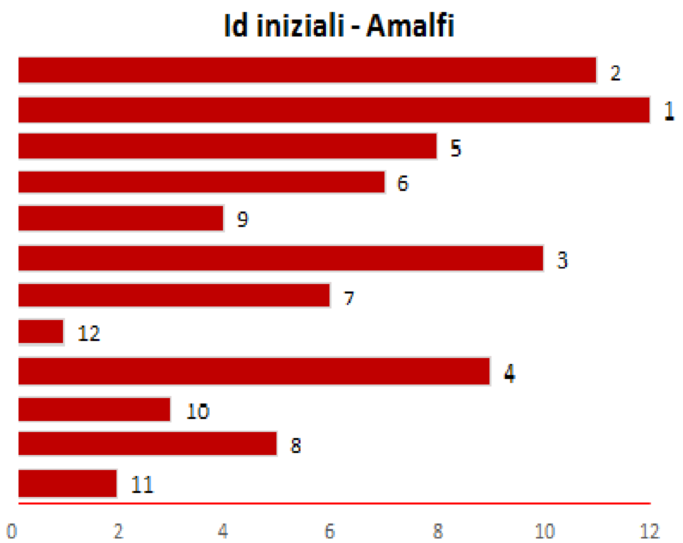
5° Turno

Id B	Elo B	Id N	Elo N	Risultati
5	1784	2	1976	0 - 1
1	1981	3	1945	1 - 0
6	1768	7	1755	1 - 0
12	1482	9	1707	0 - 1
4	1792	10	1670	½ - ½
8	1751	11	1625	1 - 0

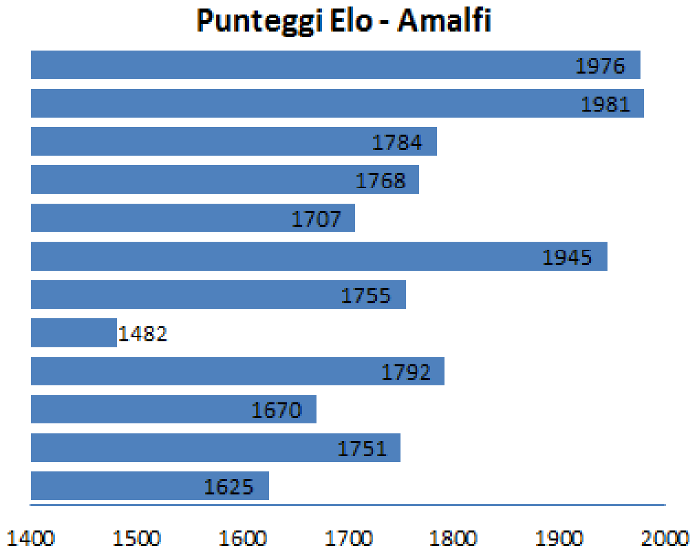
Vediamo ora la classifica finale del torneo e mostriamo, come fatto per l'Olandese, due grafici utili per osservare gli scambi di posizione tra classifica iniziale e finale.

Classifica finale

Posizione	Id Giocatore	ELO	Punti
1	2	1976	4.5
2	1	1981	3.5
3	5	1784	3.5
4	6	1768	3.5
5	9	1707	3.0
6	3	1945	2.5
7	7	1755	2.0
8	12	1482	2.0
9	4	1792	2.0
10	10	1670	1.5
11	8	1751	1.5
12	11	1625	0.5



Classifica finale			
Posizione	Id Giocatore	ELO	Punti
1	2	1976	4.5
2	1	1981	3.5
3	5	1784	3.5
4	6	1768	3.5
5	9	1707	3.0
6	3	1945	2.5
7	7	1755	2.0
8	12	1482	2.0
9	4	1792	2.0
10	10	1670	1.5
11	8	1751	1.5
12	11	1625	0.5



1.3.3 Il girone all'italiana

La formula del girone all'italiana è molto semplice: ogni giocatore gioca esattamente una volta contro ciascuno degli iscritti al torneo. Nel caso in cui il numero di volte in cui tutti i giocatori si affrontano sia maggiore di uno si parlerà di doppio girone, triplo girone, etc.
Questo sistema è largamente utilizzato nel mondo degli sport a squadre, ma trova scarsa applicazione per gli sport individuali in quanto ha il grande limite della durata:

	N° turni	**N° partite**
Sistemi Svizzeri	$5 \leq T \leq 10$	T * (N/2)
Girone all'italiana	N-1 oppure N	(N-1)*(N/2)

N.B. vale sempre N-1 > T

Nel caso degli scacchi sono pochissimi i tornei che fanno uso di questo sistema a causa della sua durata eccessiva: tra i più importanti figurano le finali nazionali in USA e Russia, poiché giocate da un numero limitato di giocatori (8 o 10).
Prima di vedere nel dettaglio l'algoritmo che regola il girone all'italiana dobbiamo specificare che esistono svariati modi di creare un torneo che segue questo tipo di sistema e che essi possono dipendere da alcune richieste aggiuntive, come ad esempio succede negli sport di squadra per ovviare a necessità quali l'alternanza di partite giocate in casa e in trasferta o evitare di avere più derby nella stessa giornata.

Nella maggior parte dei casi, quindi, si usa un sistema detto ‘ad orologio’ per creare i vari turni; nell’ambito della nostra simulazione invece non ci interesserà in quale ordine ciascun giocatore incontrerà i suoi avversari ma solo i risultati delle partite, per cui possiamo vedere la seguente versione semplificata dell’algoritmo:

1. *<u>Stabilire lista iniziale</u>*
   Disporre in ordine discendente i giocatori in base al loro punteggio Elo. Le eventuali situazioni di parità si risolvono tramite *rating*, titolo FIDE e sorteggio.

2. *<u>Sistema di accoppiamento</u>*
   Nella nostra simulazione useremo il seguente sistema:

- far giocare il giocatore in cima alla lista iniziale con tutti gli altri sfidanti;
- passare al secondo giocatore della lista e farlo giocare con tutti gli sfidanti dalla terza posizione della lista in giù;
- proseguire accoppiando sempre il giocatore in posizione (i) con tutti gli iscritti dalla posizione (i+1) alla (N). L’ultimo *match* sarà quindi quello tra i giocatori che occupano le posizioni N-1 ed N della lista.

Un sistema alternativo è detto “accoppiamento ad orologio”[7]:

- dividere l’elenco dei giocatori in 2 sottogruppi;
- far sfidare, a giro, tutti i giocatori di S_1 contro tutti quelli di S_2;
- una volta terminata la prima fase (di durata N/2 turni), far disputare tutti gli incontri rimanenti all’interno dei due sottogruppi.

Essendo il girone all’italiana un sistema non dipendente dalle classifiche parziali, né tantomeno dall’Elo degli iscritti, mostriamo in figura il funzionamento di un torneo da 12 iscritti organizzato con sistema italiano “ad orologio”.

Turno 1		Turno 2		Turno 3		Turno 4	
Id A	Id B	Id A	Id B	Id A	Id B	Id A	Id B
1	12	1	7	1	8	1	9
2	11	2	12	2	7	2	8
3	10	3	11	3	12	3	7
4	9	4	10	4	11	4	12
5	8	5	9	5	10	5	11
6	7	6	8	6	9	6	10

[7] Nel caso in cui il numero di iscritti sia dispari, creare un ulteriore giocatore fittizio che fungerà da *bye*.

Turno 5		Turno 6		Turno 7		Turno 8	
Id A	Id B	Id A	Id B	Id A	Id B	Id A	Id B
1	10	1	11	1	6	1	5
2	9	2	10	2	5	2	4
3	8	3	9	3	4	3	6
4	7	4	8	7	12	7	11
5	12	5	7	8	11	8	10
6	11	6	12	9	10	9	12

Turno 9		Turno 10		Turno 11	
Id A	Id B	Id A	Id B	Id A	Id B
1	4	1	3	1	2
2	3	2	6	3	5
5	6	4	5	4	6
7	10	7	9	7	8
8	9	8	12	9	11
11	12	10	11	10	12

Torneo ad orologio: come possiamo vedere, fino al turno 6 (=N/2) i giocatori dei due sottogruppi si affrontano a rotazione. Quindi inizia la seconda fase, composta da 5 turni e a sua volta scomponibile in due fasi: nella prima, che dura 2 turni, c'è ancora rotazione di avversari; nella seconda, ovvero gli ultimi 3 turni del torneo, avvengono gli incontri mancanti a completare il quadro.
Osserviamo che in nessun istante c'è bisogno di controllare risultati, punteggi Elo o classifiche parziali e che ogni turno può essere tranquillamente scambiato con uno qualsiasi degli altri turni.

2. Criteri di valutazione

Al fine di confrontare le caratteristiche degli algoritmi di *pairing*, simuleremo una serie di tornei con diverso numero di iscritti e durata, e poi analizzeremo i risultati ottenuti confrontando i dati forniti da ogni torneo.
In questo capitolo individueremo le caratteristiche che deve avere un buon torneo e vedremo in che modo queste possono essere tradotte in indicatori statistici.

2.1 Il torneo "ideale"

Abbiamo parlato dei problemi che limitano l'organizzazione di un torneo di scacchi, ma quali sono gli obiettivi che ci si pone in questa fase?
Per quanto possibile, ogni organizzatore dovrebbe desiderare un torneo che risulti equo e "giusto", ossia che assegni ad ogni giocatore la posizione finale che egli ha realmente meritato: chiaramente, per ciò che abbiamo visto sinora, il torneo ideale sarebbe il girone all'italiana, in cui ogni giocatore ha la possibilità di misurarsi con tutti gli altri iscritti e quindi la somma dei punti accumulati fornisce una classifica finale assolutamente inconfutabile dal punto di vista dei "meriti sportivi".
Il torneo all'italiana costituisce quindi un caso limite, perciò il vero confronto da effettuare coinvolge in realtà solamente gli altri due algoritmi; la domanda da porsi sarà dunque: quale dei due sistemi, a parità di turni ed iscritti, fornisce una migliore approssimazione del torneo all'italiana?
Non stiamo quindi cercando di dire se un algoritmo sia effettivamente migliore dell'altro; ciò che invece possiamo fare è una verifica (e quindi un confronto) dal punto di vista statistico dei risultati che si ottengono simulando tutte le competizioni con entrambi i sistemi di accoppiamento secondo i criteri di valutazione che adotteremo.
Per ogni torneo che simuleremo avremo la possibilità di verificare l'andamento di ogni singolo *match* di ogni turno e naturalmente la classifica finale, quindi possiamo effettuare studi su tre diversi fronti che ci accingiamo a descrivere nei paragrafi successivi:

- Verificare se il torneo segue le aspettative, ossia se c'è coerenza tra la lista iniziale e la classifica finale;
- Verificare la presenza di scontri diretti nel turno finale, un aspetto che nei gironi all'italiana conta poco, ma che, come vedremo nella sezione dedicata, diventa importante quando il numero di turni è ridotto;
- Verificare il numero di pareggi.

2.2 Relazioni tra elenco iniziale e classifica finale

Una caratteristica importante per un torneo è sicuramente il rispetto delle gerarchie: come visto per entrambi gli algoritmi, per l'inizializzazione è necessaria una "Lista di partenza" basata sui punteggi Elo; ma questa lista trova conferma nella classifica finale?

Questo aspetto può essere giudicato tramite l'utilizzo di due indici statistici fondamentali per la comparazione di due vettori di variabili aleatorie: l'indice R di Spearman e il coefficiente di correlazione ρ di Pearson.

L'indice R di Spearman (talvolta indicato con ρ_s) è un coefficiente di correlazione per ranghi, ovvero un indice che misura il grado di relazione tra due variabili per le quali si ipotizza che le osservazioni siano ordinabili.

La sua formula di base è la seguente:

$$\rho_s = \frac{\sum_i (r_i - \overline{r})(s_i - \overline{s})}{\sqrt{\sum_i (r_i - \overline{r})^2} \sqrt{\sum_i (s_i - \overline{s})^2}}$$

N.B. r_i e s_i sono ranghi.

Se definiamo per ogni unità i D_i come differenza dei suoi ranghi nei due insiemi, la formula può essere anche semplificata così:

$$\rho_s = 1 - \frac{6 \sum_i D_i^2}{N(N^2 - 1)}$$

Nel nostro caso lavoriamo con le variabili lista iniziale e classifica finale che essendo graduatorie contengono valori che sono già dei ranghi quindi non ci sarà bisogno di alcuna sostituzione.

L'unica complicazione per l'indice di Spearman è rappresentata dai *ties*, ossia valori che sono rappresentati dallo stesso rango (nel nostro caso giocatori che terminano il torneo nella stessa posizione), ma viene risolta sia per la classifica iniziale che per quella finale: per la lista iniziale (vedi capitolo 2) è necessario assegnare un *rank* diverso a ogni giocatore, per la graduatoria finale il software Vega utilizza un sistema di spareggio[8] che garantisce la presenza di uno e un solo giocatore per ogni posizione.

Il coefficiente di correlazione di Pearson esprime la linearità tra covarianza e prodotto delle deviazioni standard di due variabili aleatorie; ρ è compreso tra -1 e 1 e si calcola in questo modo:

$$\rho_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

[8] Il sistema di spareggio viene scelto a discrezione dell'organizzatore, nel nostro caso si usa il Bucholz, che risolve le parità in base alla somma dei punti raccolti dagli avversari incontrati dai giocatori considerati.

Nel caso che stiamo esaminando le due variabili da considerare sono gli elenchi dei punteggi Elo dei giocatori: i due vettori rappresenteranno lista iniziale e classifica finale, quindi il primo sarà ordinato.
Per ogni torneo, dunque, avremo un valore R e uno ρ, ma se entrambi sono coefficienti di correlazione, perché non calcolarne solo uno? La motivazione è data dalla necessità di fornire dei risultati solidi ed evitare di prendere grossi abbagli, come spiegherò in un breve esempio.
Consideriamo un ipotetico torneo disputato tra 3 giocatori:

- A, con punteggio Elo pari a 2000;
- B, con punteggio Elo pari a 300;
- C, con punteggio Elo pari a 200.

Nel caso in cui il torneo avesse esito finale {A, B, C} sia R che ρ avrebbero valore 1.
Valutiamo invece il caso in cui il torneo termini con la seguente classifica: {B, A, C}.
Il coefficiente R, che rileva semplicemente uno scambio di posizioni tra il primo e il secondo giocatore, vale 0.5 e in teoria indicherebbe una correlazione moderata.
In realtà però, visti i punteggi Elo dei giocatori, la classifica finale è a dir poco clamorosa: è infatti davvero poco probabile che un giocatore con *rating* Elo pari a 300 riesca a terminare la competizione piazzandosi un gradino sopra ad uno scacchista con Elo 2000. Questo dato, ignorato dall'indice di Spearman, viene messo in evidenza solo se si calcola il coefficiente ρ di Pearson, che infatti fornisce un valore di -0.44, ovvero moderata correlazione negativa.
Calcoleremo il coefficiente di correlazione di Pearson anche sulle prime N/3 posizioni delle graduatorie, per concentrarci solo sulla cosiddetta "parte alta" della classifica: ci interessa anche questo dato perché le prime posizioni dei tornei sono sempre quelle sotto la lente di ingrandimento e perché gli indici appena elencati potrebbero essere influenzati da cambiamenti di posizione "grandi" poco interessanti, ovvero quelli che potenzialmente potrebbero avvenire nella parte bassa della classifica.
Eseguiremo il calcolo in entrambe le direzioni, ovvero:

- considerando anteriormente i primi N/3 giocatori della lista di partenza ordinata, verificheremo in quali posizioni (della classifica finale) sono arrivati e l'Elo dei giocatori che secondo la lista iniziale avrebbero dovuto occupare tali posizioni;
- considerando poi i primi N/3 giocatori della classifica finale ordinata, verificheremo quali erano gli Elo dei giocatori che in lista iniziale si trovavano in corrispondenza delle loro posizioni di partenza.

Per entrambi i casi calcolo solo il coefficiente di Pearson sugli Elo, dato che gli elenchi sono incompleti e quindi l'R di Spearman non può essere applicato.

2.3 Gli scontri diretti

Un altro aspetto interessante che riguarda le dinamiche di una competizione è sicuramente l'incertezza delle posizioni (in particolare le prime) sino all'ultimo turno.
E' importante mantenere vivo l'interesse agonistico di tutti i giocatori e bisogna fare in modo che fino all'ultima partita il loro destino non sia già segnato, in modo tale da accertarsi che non ci siano incontri inutili per uno o entrambi gli sfidanti al termine della competizione ed evitare il fenomeno dell'abbandono che colpisce i turni finali dei tornei più numerosi.
E' infine forse più divertente e se vogliamo più corretto assegnare un trofeo o comunque una posizione sul podio tramite un'ultima partita che quindi può fungere da spareggio finale: questo tipo di incontri viene definito "scontro diretto".
Per essere più precisi, nel nostro caso definiremo "scontro diretto" un *match* disputato all'ultima giornata tra due giocatori che, in base alla classifica al termine del penultimo turno, occupano posizioni tra la 1^ e la 4^, ovvero generalmente giocatori che possono ancora aspirare a un gradino del podio (capita in alcuni casi che anche in posizioni dalla 5^ in giù si possa arrivare a premi, ma non consideriamo tali casi per snellire l'analisi).
E' chiaro però che non si possono considerare di uguale importanza tutte le partite giocate tra i primi quattro, per cui stabiliamo dei coefficienti da assegnare a ogni tipo di scontro diretto nella maniera che segue: dati

- T = numero dell'ultimo turno;
- P_A = posizione del giocatore A al termine del turno (T-1);
- P_B = posizione del giocatore B al termine del turno (T-1).

$$\begin{cases} C_{A,B} = \dfrac{1}{P_A + P_B} \ , \ se\ 1 \leq \ P_A \ < \ P_B \ \leq 4 \\ C_{A,B} = 0 \ , altrimenti \end{cases}$$

Considerato il fatto che la costruzione dei turni per i due algoritmi è diversa ci aspettiamo di osservare delle differenze dovute alla struttura degli algoritmi stessi.

2.4 Il pareggio

L'ultimo aspetto che possiamo valutare è il numero di pareggi: nel gioco degli scacchi il pareggio può avvenire in due modi [8], ovvero:

- Partita terminata in parità "tecnica";
- Partita dichiarata "patta" su richiesta di un giocatore.

Il primo caso riguarda espressamente le dinamiche del gioco, mentre il secondo ha un'ulteriore aspetto interessante: la "patta" può essere infatti richiesta da un giocatore all'arbitro, ma anche proposta al suo sfidante, che naturalmente ha il diritto di rifiutare.

Ci sono vari modi di valutare una partita terminata in parità: potrebbe essere stata noiosa, o altrettanto avvincente, o nel peggiore dei casi combinata; tutto questo dipende solamente dal suo andamento.

Nel nostro caso vengono eliminati gli aspetti "umani" che si celano dietro al risultato di parità e ci si basa solamente sulla simulazione, quindi bisogna capire cosa indica la presenza di un certo numero di pareggi.

Se si considera la tabella di probabilità si può notare che, banalmente, la probabilità di pareggio decresce mano a mano che incrementa la differenza di Elo, quindi il pareggio sarà indicatore, verosimilmente, di incontri equilibrati almeno dal punto di vista teorico. Pertanto, sebbene nel caso "reale" un elevato numero di pareggi può far pensare a tante partite noiose, nel caso simulato avrà come unico significato un elevato numero di incontri equilibrati.

Saranno esclusi da questa analisi i tornei all'italiana perché hanno un diverso numero di turni, che renderebbe di complicata lettura un confronto sui pareggi: ciò che invece vogliamo verificare è se la struttura degli algoritmi abbia influenzato o meno il numero di partite patte.

3. Simulazione

La simulazione dei tornei con i tre sistemi di accoppiamento sopra elencati è una fase molto delicata: bisogna infatti fare in modo di ricreare situazioni e partite reali al fine di poter immagazzinare dati leggibili e confrontabili al pari di tornei realmente disputati.
Il campione di riferimento consiste nei 488 tornei ufficiali di scacchi che si sono svolti in Italia nell'anno 2012: le unità campionate saranno dunque tutti i giocatori iscritti a questi tornei e noi faremo uso dei loro punteggi Elo al momento dell'iscrizione.
Simuleremo ogni torneo tre volte, una per ciascun algoritmo utilizzato, trascurando dunque quello che è stato l'andamento "reale" della competizione in quanto esso è influenzato da fattori (es. abbandono, patta su richiesta *et al.*) che non sono contemplati dalla simulazione.
Faremo uso di software di programmazione che ci permetteranno, a partire semplicemente dall'elenco dei giocatori iscritti al torneo, di simulare l'intera competizione, ottenerne la classifica finale e calcolare gli indici statistici richiesti dai criteri di valutazione.

3.1 Singola partita

Per l'integrità dell'esperimento dovrà esistere uno ed un solo metodo di simulazione che verrà utilizzato per ognuna delle 405398 partite che intendiamo ricreare.
La "fedeltà" di quella che sarà una riproduzione delle partite è garantita dall'utilizzo della tabella di probabilità che viene utilizzata anche per l'aggiornamento dei punteggi Elo: sebbene sia stato stimato che il numero di partite possibili a scacchi sia $10^{10^{50}}$[9] e naturalmente ci siano componenti "umane" che influiscono nel determinare l'andamento delle partite, ciò è impossibile da inserire in una simulazione.
Ci baseremo perciò sulla stessa idea del professor Elo, ovvero che la probabilità dei risultati finali di un incontro dipenda solo ed esclusivamente dalla differenza di *rating* tra gli sfidanti: ad ogni partita, in base alla differenza Elo, sarà dunque assegnata una terna di probabilità $\{P_A, P_X, P_B\}$ da cui si determinerà il risultato.
Bisogna ricordare che i punteggi Elo vengono aggiornati solitamente al termine dei tornei, quindi l'elenco iniziale dei *rating* è da considerarsi valido dal primo all'ultimo turno di ogni competizione.

Ogni partita sarà simulata in questa maniera:
- Estrazione di un numero intero casuale in [1,100];
- Verifica della differenza di *rating* Elo tra giocatore A e giocatore B;
- Sulla base della tabella delle probabilità (paragrafo 1.3) individuare prima la colonna corrispondente alla fascia di differenza *rating*; quindi individuare la fascia di probabilità cumulate corrispondente al numero casuale e infine registrare il risultato finale.

3.2 Tornei con sistema Olandese e Amalfi

Per questione di semplicità ci avvaliamo, per tornei con sistema Olandese e Amalfi, dell'uso di un ulteriore software: VegaChess.
Vega è dedicato appositamente all'organizzazione di tornei di scacchi, conosce ogni tipologia di algoritmo ed è in grado di restituire come output sia la classifica finale che i singoli turni disputati.
Procediamo dunque in maniera iterativa, valida per ogni turno:
- A partire dall'elenco Elo iniziale, Vega fornisce gli accoppiamenti;
- Dati gli accoppiamenti designati con Vega, in Java simuliamo le partite e visualizziamo i risultati;
- Inseriti i risultati in Vega, il software procede alla creazione del turno successivo e si torna al punto 2. Così fino al turno finale, quando su Vega visualizziamo la classifica finale.

3.3 Tornei con girone all'italiana

Questo sistema, come visto, è di più semplice applicazione: siamo quindi in grado di simulare con un solo programma tutti i 488 tornei che compongono il campione di riferimento e di ottenere in output, per ogni torneo, tutte le singole gare disputate, la classifica e anche la correlazione tra la lista di partenza e la classifica finale.
Il programma legge da due file di estensione *.txt* la lista di tutti i giocatori ordinata torneo per torneo e la lista con il numero di iscritti di ogni torneo, quindi iterativamente esegue le stesse operazioni per ogni torneo:
- Legge n° iscritti torneo i;
- Crea *array* contenente punteggi Elo degli iscritti al torneo i;
- Simula tutte le partite per ognuno dei partecipanti (vedi 2.2.1), quindi assegna punti;
- Riordina e stampa la classifica finale, quindi passa al torneo seguente e riesegue le stesse operazioni.

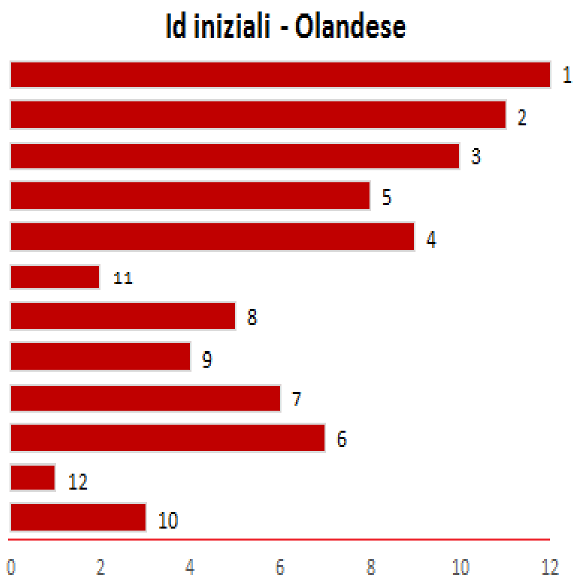
4. Analisi dei risultati

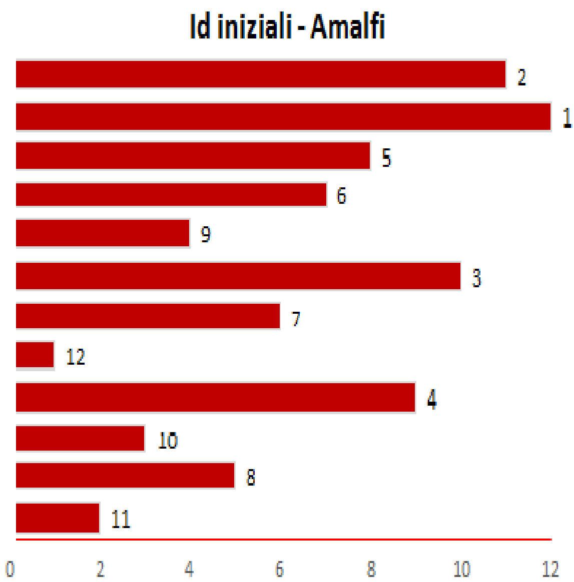
E' giunto il momento di valutare i tornei che abbiamo simulato: in questo capitolo vedremo nel dettaglio tutti i risultati ottenuti con l'esperimento appena definito.
Per ogni torneo avremo a disposizione quindi:

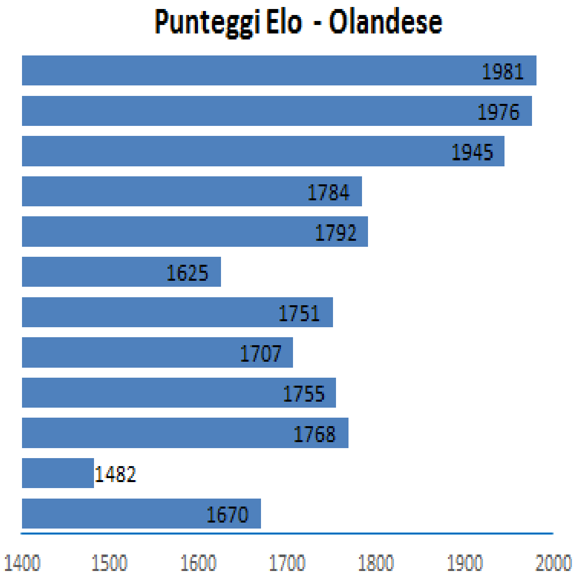
- Codice: ogni torneo ha un diverso codice che lo identifica;
- N: numero iscritti;
- T: numero turni nel caso di Olandese e Amalfi (per l'italiano T=N-1);
- Lista Id iniziale: elenco ordinato di interi da 1 a N;
- Lista Elo iniziale: elenco di punteggi Elo degli iscritti in ordine decrescente;
- Classifica Id: elenco degli Id iniziali dei giocatori ordinato secondo punti nel torneo;
- Classifica Elo: elenco degli Elo dei giocatori corrispondenti agli Id della Classifica finale;
- Fogli elettronici con tutte le partite simulate turno per turno.

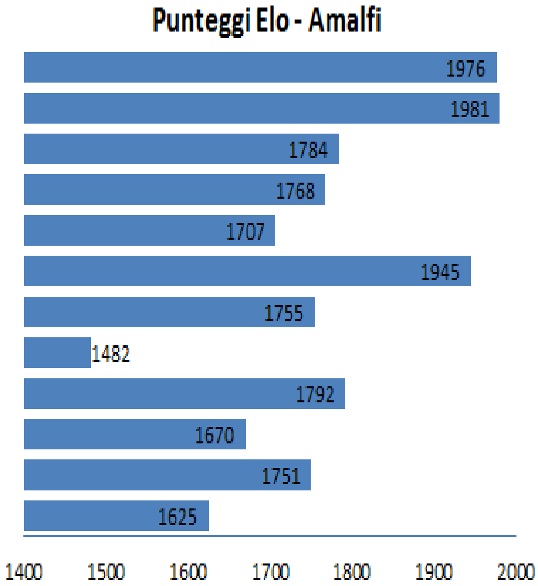
4.1 Correlazione: quadro generale

Il calcolo dell'indice R e dei tre coefficienti ρ di Pearson viene effettuato per mezzo di programmi che abbiamo creato con JCreator; i risultati vengono quindi inseriti nel SAS al fine di poter effettuare le analisi che vedremo di seguito.
Se ad esempio facciamo riferimento ai due tornei mostrati graficamente nel paragrafo 1.3 e rivediamo i grafici delle classifiche, otteniamo i seguenti risultati:









Variabile	Olandese	Amalfi
R	0.811	0.699
ρ	0.809	0.620
$\rho_{\frac{N}{3}}$ (1)	0.999	0.824
$\rho_{\frac{N}{3}}$ (2)	0.999	0.750
Scontri diretti	1 vs 2	1 vs 2 , 3 vs 4
Pareggi	12 su 30 incontri	7 su 30 incontri

Per facilitare la lettura dei dati nel corso del capitolo, evidenzieremo in rosso i valori particolarmente elevati, in blu quelli più bassi e in giallo le caselle che mostrano le differenze più significative tra i due sistemi.

Va anticipato che nel nostro studio ci riferiremo maggiormente a risultati sulle correlazioni in quanto abbiamo riscontrato che i dati del coefficiente di Spearman non sono in grado di aggiungere informazioni maggiori: abbiamo infatti calcolato che in tutti e tre gli algoritmi i valori del R di Spearman sono fortemente correlati a quelli del ρ di Pearson.

	Olandese	**Amalfi**
Correlazione tra valori R e ρ	0,9403	0,8955

Vediamo ora l'output generato con il software SAS:

Variabile	Media	Dev std	Minimo	Massimo
ρ_{AMALFI}	0.594	0.202	-0.314	0.954
$\rho_{OLANDESE}$	0.716	0.266	-0.863	0.995
$\rho_{ITALIANO}$	0.882	0.171	-0.307	0.999
R_{AMALFI}	0.558	0.197	-0.324	0.921
$R_{OLANDESE}$	0.690	0.274	-0.905	0.976
$R_{ITALIANO}$	0.874	0.165	-0.256	0.998
$\rho_{\frac{N}{3}AMALFI}(1)$	0.452	0.401	-1.000	0.998
$\rho_{\frac{N}{3}AMALFI}(2)$	0.434	0.389	-1.000	1.000
$\rho_{\frac{N}{3}OLANDESE}(1)$	0.466	0.431	-1.000	1.000
$\rho_{\frac{N}{3}OLANDESE}(2)$	0.467	0.431	-1.000	1.000
$\rho_{\frac{N}{3}ITALIANO}(1)$	0.713	0.343	-0.947	1.000
$\rho_{\frac{N}{3}ITALIANO}(2)$	0.683	0.398	-1.000	1.000

I risultati ottenuti con le medie generali mostrano una leggera differenza tra la correlazione del sistema Amalfi e quella dell'Olandese, il cui ρ risulta mediamente maggiore di 0,1.
Per quanto riguarda i tornei all'italiana naturalmente abbiamo ottenuto valori molto elevati prossimi a 1 e poco variabili, come possiamo vedere nel dettaglio:

Tornei italiani	$\rho \leq 0{,}6$	$0{,}6 < \rho \leq 0{,}8$	$0{,}8 < \rho \leq 0{,}9$	$\rho > 0{,}9$
Numero casi	37	36	79	336

I coefficienti di Pearson calcolati sugli insiemi parziali non sono in grado di evidenziare una sostanziale differenza tra i due algoritmi, i valori indicano in entrambi i casi una correlazione di tipo medio mentre è ben più forte la correlazione parziale dei tornei all'italiana; in generale riscontriamo deviazioni standard più elevate rispetto agli altri due indici.
Per lo stesso discorso che ha riguardato gli indici R e ρ, d'ora in avanti per snellire i risultati ci riferiremo solo al primo dei due tipi di coefficienti di correlazione su insiemi parziali.

4.2 Analisi post-segmentazione

Al fine di poter dare una lettura più interessante dei risultati ottenuti con le simulazioni si procede ad una segmentazione dei 488 tornei analizzati.

Le variabili che possono essere utilizzate per creare delle partizioni sono il numero di turni, il numero di iscritti e la distribuzione dei loro punteggi Elo.

4.2.1 Divisione in classi per numerosità e turni

La prima segmentazione viene effettuata secondo la numerosità del torneo, in questa maniera:

Numero di iscritti	**N ≤ 25**	**26 ≤ N ≤ 50**	**N ≥ 51**
Fascia torneo	*Piccolo*	*Medio*	*Numeroso*

Questo è l'output della prima analisi segmentata:

Classe numerosità	**N. oss**	**Variabile**	**Media**	**Dev std**
Piccolo	228	ρ_{AMALFI}	0.583	0.250
		ρ_{OLANDESE}	0.631	0.331
		ρ_{ITALIANO}	0.806	0.220
		$\rho_{\frac{N}{3}\text{AMALFI}}(1)$	0.408	**0.504**
		$\rho_{\frac{N}{3}\text{OLANDESE}}(1)$	0.435	**0.518**
		$\rho_{\frac{N}{3}\text{ITALIANO}}(1)$	0.596	**0.436**
Medio	199	ρ_{AMALFI}	0.613	0.141
		ρ_{OLANDESE}	0.778	0.174
		ρ_{ITALIANO}	0.942	0.058
		$\rho_{\frac{N}{3}\text{AMALFI}}(1)$	0.485	0.293
		$\rho_{\frac{N}{3}\text{OLANDESE}}(1)$	0.473	0.357
		$\rho_{\frac{N}{3}\text{ITALIANO}}(1)$	0.796	0.190
Numeroso	61	ρ_{AMALFI}	0.574	0.162
		ρ_{OLANDESE}	**0.830**	0.088
		ρ_{ITALIANO}	**0.972**	0.024
		$\rho_{\frac{N}{3}\text{AMALFI}}(1)$	0.513	0.209
		$\rho_{\frac{N}{3}\text{OLANDESE}}(1)$	0.559	0.248
		$\rho_{\frac{N}{3}\text{ITALIANO}}(1)$	0.879	0.113

Nei tornei poco numerosi il comportamento dei due algoritmi sembra essere simile, ma la differenza nelle correlazioni diventa sempre più evidente al crescere della numerosità: se il dato è evidente già nei tornei di classe media, l'osservazione raccolta per i tornei molto numerosi mostra un netto aumento della correlazione

del sistema Olandese a discapito dell'Amalfi, i cui valori restano costanti con ogni tipo di torneo; banalmente, la correlazione dei tornei all'italiana, che come vediamo è in generale sempre molto forte, è a sua volta correlata positivamente con la numerosità.
Per quanto riguarda invece gli indici sui primi N/3 degli insiemi, le differenze tra i sistemi Olandese e Amalfi si assottigliano e i valori crescono di pari passo mantenendosi sempre nella fascia delle correlazioni medie; questo significa che una sostanziale differenza tra i due algoritmi è individuabile nei restanti 2/3 della classifica, che evidentemente hanno meno stravolgimenti nel sistema Olandese rispetto all'Amalfi.
Nei tornei piccoli anche il girone all'italiana ha faticato a raggiungere livelli di correlazione forte e mediamente il suo ρ è leggermente inferiore a 0,6.
Notiamo infine una significativa deviazione standard nei casi delle correlazioni su insiemi parziali che non viene osservata per gli altri indici; interessante in particolare il dato rilevato per i tornei poco numerosi (che in generale fanno registrare le deviazioni standard maggiori), con valori oltre lo 0,5: la giustificazione sta nel fatto che nei tornei poco numerosi vale sempre che $\frac{N}{3} \leq 8$, quindi ogni singolo Elo "fuori posto" assume un peso maggiore rispetto alle unità di altri tornei di più elevata numerosità e dà luogo a valori di ρ più variabili.

Vediamo ora l'output che si ottiene utilizzando il numero di turni come variabile di classificazione:

N° Turni	N. oss	Variabile	Media	Dev std
5	190	ρ_{AMALFI}	0.547	0.190
		$\rho_{OLANDESE}$	0.706	0.268
		$\rho_{ITALIANO}$	0.885	0.156
		$\rho_{\frac{N}{3}AMALFI}$ (1)	0.410	0.428
		$\rho_{\frac{N}{3}OLANDESE}$(1)	0.474	0.447
		$\rho_{\frac{N}{3}ITALIANO}$(1)	0.695	0.366
6	146	ρ_{AMALFI}	0.594	0.212
		$\rho_{OLANDESE}$	0.669	0.316
		$\rho_{ITALIANO}$	0.867	0.200
		$\rho_{\frac{N}{3}AMALFI}$ (1)	0.445	0.424
		$\rho_{\frac{N}{3}OLANDESE}$(1)	0.421	0.471
		$\rho_{\frac{N}{3}ITALIANO}$(1)	0.686	0.369

N° Turni	N. oss	Variabile	Media	Dev std
7	76	ρ_{AMALFI}	0.647	0.199
		$\rho_{OLANDESE}$	0.790	0.170
		$\rho_{ITALIANO}$	**0.905**	0.120
		$\rho_{\frac{N}{3}AMALFI}$ (1)	0.532	0.338
		$\rho_{\frac{N}{3}OLANDESE}$ (1)	0.512	0.372
		$\rho_{\frac{N}{3}ITALIANO}$ (1)	0.756	0.290
8	29	ρ_{AMALFI}	0.606	0.151
		$\rho_{OLANDESE}$	0.687	0.224
		$\rho_{ITALIANO}$	0.848	0.151
		$\rho_{\frac{N}{3}AMALFI}$ (1)	0.395	0.329
		$\rho_{\frac{N}{3}OLANDESE}$ (1)	0.386	0.445
		$\rho_{\frac{N}{3}ITALIANO}$ (1)	0.719	0.315
≥9	47	ρ_{AMALFI}	**0.693**	0.196
		$\rho_{OLANDESE}$	**0.802**	0.194
		$\rho_{ITALIANO}$	**0.900**	0.206
		$\rho_{\frac{N}{3}AMALFI}$ (1)	0.554	0.310
		$\rho_{\frac{N}{3}OLANDESE}$ (1)	0.551	0.284
		$\rho_{\frac{N}{3}ITALIANO}$ (1)	0.799	0.230

N.B. Solo un torneo ha durata pari a 10 turni.

Osservando i risultati ci accorgiamo che le correlazioni dei due sistemi aumentano di pari passo leggermente al crescere del numero di turni, in particolare se ci concentriamo sulla differenza tra tornei da 5-6 turni e tornei da oltre 8 turni, cosa che in teoria ci aspettiamo perché un numero maggiore di turni dovrebbe corrispondere a una maggiore possibilità di fornire un torneo più simile all'italiano.

Andando ad osservare i casi più particolari tramite analisi incrociate per numerosità e numero di turni ho notato che, per 12 tornei di categoria "poco numeroso" da almeno 9 turni, i primi due algoritmi hanno fornito correlazioni di poco più forti rispetto al torneo all'italiana: si tratta infatti delle competizioni "migliori", in cui si ha a disposizione un numero di turni non eccessivamente inferiore al numero degli iscritti.

Numerosità	Turni	N. oss	Variabile	Media	Dev. St
Piccolo	≥9	12	ρ_{AMALFI}	**0.758**	0.187
			$\rho_{OLANDESE}$	**0.722**	0.323
			$\rho_{ITALIANO}$	**0.715**	0.350
			$\rho_{\frac{N}{3}AMALFI}$ (1)	0.634	0.427
			$\rho_{\frac{N}{3}OLANDESE}(1)$	0.549	0.334
			$\rho_{\frac{N}{3}ITALIANO}(1)$	0.624	0.414

4.2.2 Divisione in classi di omogeneità

Al fine di valutare delle possibili classi di omogeneità calcoliamo per ogni torneo il primo ed il terzo quartile della Lista Elo iniziale e la differenza interquartile.
Oltre al dato sulla numerosità del torneo, dunque, useremo anche la distribuzione degli Elo dei partecipanti per creare due nuove segmentazioni leggermente diverse: l'idea è di dividere i tornei tra omogenei, disomogenei e tornei di *élite*.
Va anzitutto considerato che in campo internazionale è convenzione generale considerare un torneo di fascia "*élite*" se la media Elo dei partecipanti è maggiore di 2250 [10]; in questo caso stiamo considerando tornei a livello nazionale quindi bisogna abbassare leggermente il livello, perciò considereremo la seguente condizione:

- Il valore del primo quartile deve essere maggiore di 2000.

Ciò significa che almeno il 75% dei giocatori del torneo deve avere un Elo oltre tale quota; è preferibile inoltre considerare il quartile rispetto alla media per evitare di considerare "elitari" tornei con molti giocatori al di sotto della determinata quota (nei tornei internazionali si valuta la media in quanto solitamente il numero di iscritti è molto basso o ci sono delle qualificazioni che danno accesso al torneo).
I tornei che rientrano in questa fascia sono 22.
Effettuiamo ora una prima segmentazione: in questo caso influiscono il numero degli iscritti e la differenza interquartile che si registra tra il primo e il terzo quartile della Lista Elo:

Categoria	Q1	N ≤ 25	26 ≤ N ≤ 50	N ≥ 51
Élite	Q1 ≥ 2000	D_{IQ} qualsiasi	D_{IQ} qualsiasi	D_{IQ} qualsiasi
Omogeneo	Q1 < 2000	$D_{IQ} \leq 153$	$D_{IQ} \leq 197$	$D_{IQ} \leq 256$
Disomogeneo	Q1 < 2000	$D_{IQ} > 153$	$D_{IQ} > 197$	$D_{IQ} > 256$

N.B Le tre differenze interquartile sono state scelte in corrispondenza delle seguenti tre terne di probabilità: {60-20-20}, {66,18,16} e {74-14-12}.

Il nuovo output che si ottiene dopo questa segmentazione è il seguente:

Categoria Torneo	N. oss	Variabile	Media	Dev std
Élite	22	ρ_{AMALFI}	0.780	0.094
		$\rho_{OLANDESE}$	0.815	0.121
		$\rho_{ITALIANO}$	0.940	0.065
		$\rho_{\frac{N}{3}AMALFI}$ (1)	0.480	0.324
		$\rho_{\frac{N}{3}OLANDESE}$ (1)	0.566	0.300
		$\rho_{\frac{N}{3}ITALIANO}$ (1)	0.780	0.236
Omogeneo	185	ρ_{AMALFI}	0.505	0.243
		$\rho_{OLANDESE}$	0.553	0.350
		$\rho_{ITALIANO}$	0.819	0.227
		$\rho_{\frac{N}{3}AMALFI}$ (1)	0.252	0.449
		$\rho_{\frac{N}{3}OLANDESE}$ (1)	0.324	0.493
		$\rho_{\frac{N}{3}ITALIANO}$ (1)	0.547	0.424
Disomogeneo	281	ρ_{AMALFI}	**0.638**	0.146
		$\rho_{OLANDESE}$	**0.816**	0.115
		$\rho_{ITALIANO}$	0.919	0.111
		$\rho_{\frac{N}{3}AMALFI}$ (1)	0.582	0.309
		$\rho_{\frac{N}{3}OLANDESE}$ (1)	0.552	0.368
		$\rho_{\frac{N}{3}ITALIANO}$ (1)	0.817	0.229

Come mostrato dalla tabella il sistema Olandese si conferma, nel caso dei tornei disomogenei, su alti livelli di correlazione (ρ >0,8), mentre l'Amalfi ha valori in media più bassi di quasi 0,2; va notato anche che, come nel caso precedente, le correlazioni su N/3 hanno invece valori molto simili, ancora una volta a testimonianza del fatto che il sistema Olandese crea pochi scambi di posizione "significativi" nei restanti 2/3 della classifica.

I tornei Olandesi e Amalfi della classe degli omogenei fanno registrare correlazioni medie, con valori del ρ che si aggirano intorno allo 0,5 per entrambi i sistemi. Anche i tornei all'italiana, per forza di cose (le differenze Elo tra giocatori sono

inferiori) hanno mediamente un valore del ρ più basso rispetto ai tornei disomogenei.
E’ risultata molto bassa, sempre nelle competizioni di tale categoria, la correlazione parziale per i primi due sistemi, con un alto numero di valori negativi (circa 60-70 per ognuno degli indici calcolati) e una deviazione standard superiore.
I tornei Élite, infine, evidenziano correlazioni forti con tutti e tre i sistemi di *pairing*; va ricordato però che sono appena 22 le competizioni di questo tipo, quindi le conclusioni che potremmo trarre da questo dato sono sicuramente più deboli.
La seconda partizione che proponiamo è leggermente più complessa e si concentra, oltre che sulla differenza interquartile, sulla proporzione tra numero di iscritti e numero di turni. In particolare individueremo tre categorie di proporzione (buona, media, cattiva), quindi verificheremo nuovamente i valori della differenza interquartile; di seguito i criteri per la segmentazione:

Categoria	**Q1**	**N ≤ 5*T**	**5*T ≤ N ≤ 8*T**	**N > 8*T**
Élite	Q1 ≥ 2000	D_{IQ} qualsiasi	D_{IQ} qualsiasi	D_{IQ} qualsiasi
Omogeneo	Q1 < 2000	$D_{IQ} \leq 153$	$D_{IQ} \leq 188$	$D_{IQ} \leq 225$
Disomogeneo	Q1 < 2000	$D_{IQ} > 153$	$D_{IQ} > 188$	$D_{IQ} > 225$

N.B Le terne di probabilità in questo caso sono più “vicine”: {60-20-20}, {65-18-17}, {70-16-14}.

Questa seconda segmentazione per omogeneità ha in gran parte confermato l’output che avevamo ottenuto nel caso precedente:

Categoria torneo	**N. oss**	**Variabile**	**Media**	**Dev. Std**
Élite	22	ρ_{AMALFI}	0.780	0.094
		$\rho_{OLANDESE}$	0.815	0.121
		$\rho_{ITALIANO}$	0.940	0.065
		$\rho_{\frac{N}{3}AMALFI}$ (1)	0.480	0.324
		$\rho_{\frac{N}{3}OLANDESE}$(1)	0.566	0.300
		$\rho_{\frac{N}{3}ITALIANO}$(1)	0.780	0.236
Omogeneo	174	ρ_{AMALFI}	0.496	0.246
		$\rho_{OLANDESE}$	0.537	0.354
		$\rho_{ITALIANO}$	0.810	0.231
		$\rho_{\frac{N}{3}AMALFI}$ (1)	0.244	0.456
		$\rho_{\frac{N}{3}OLANDESE}$(1)	0.309	0.500
		$\rho_{\frac{N}{3}ITALIANO}$(1)	0.533	0.429

Categoria torneo	N. oss	Variabile	Media	Dev. Std
Disomogeneo	292	ρ_{AMALFI}	0.638	0.146
		$\rho_{OLANDESE}$	0.815	0.114
		$\rho_{ITALIANO}$	0.920	0.109
		$\rho_{\frac{N}{3}AMALFI}$ (1)	0.575	0.310
		$\rho_{\frac{N}{3}OLANDESE}$(1)	0.553	0.365
		$\rho_{\frac{N}{3}ITALIANO}$(1)	0.815	0.230

Nonostante non pochi tornei abbiano cambiato categoria, i risultati sono pressoché identici all'analisi precedente, a testimonianza della scarsa influenza del numero di turni sui risultati generali. I tornei Élite sono esattamente gli stessi, quindi non ne ripetiamo il commento.

4.3 Scontri diretti

Nell'ambito dell'analisi degli scontri diretti abbiamo considerato solamente il sistema Olandese e l'Amalfi, in quanto i risultati sono confrontabili solamente a parità di numero di turni; sono state rilevate delle differenze significative che metteremo in mostra in questo paragrafo.
Secondo i criteri enunciati nel paragrafo 2.1.3, abbiamo raccolto in fogli elettronici tutti gli scontri diretti forniti dal software VegaChess.
Riassumiamo i risultati in questo schema:

Scontri diretti	Olandese	Amalfi
1 vs 2	176	**380**
1 vs 3	123	66
2 vs 3	93	28
1 vs 4	77	25
2 vs 4	83	46
3 vs 4	107	294
Totale	659	**839**
Coefficiente tot	151,92	**201,48**
Tornei coinvolti	467	487

Come possiamo vedere in tabella, il sistema Amalfi ha avuto ben 839 scontri diretti (su un massimo di 986), ben 180 in più rispetto all'Olandese; incredibilmente

significativo è il numero di tornei coinvolti: 487, ovvero tutti tranne uno, nel caso dell'Amalfi e 467, quindi 21 meno del totale, per l'Olandese.
Il dato è molto confortante e dimostra la bontà e la cura con cui sono stati stilati i due algoritmi: avere il 77% dei tornei che terminano con uno scontro diretto tra i due migliori giocatori (sino a quel momento) può essere sicuramente motivo di vanto per il sistema Amalfi, perché in questo caso si può parlare di una vera e propria "finalissima"; va comunque sottolineato come l'Olandese sopperisca alla netta inferiorità di partite di massima importanza con un ottimo numero di scontri diretti "minori", tanto da coinvolgere, come detto, appena 20 tornei in meno rispetto all'Amalfi.
Il coefficiente che ci eravamo posti di calcolare ha dato luogo ad una differenza di circa 50 punti che è molto significativa, così come il punteggio totale raggiunto dall'Amalfi (oltre 201), se si considera che il massimo valore raggiungibile[9] era 244, ovvero 488*(0,33+0,17).

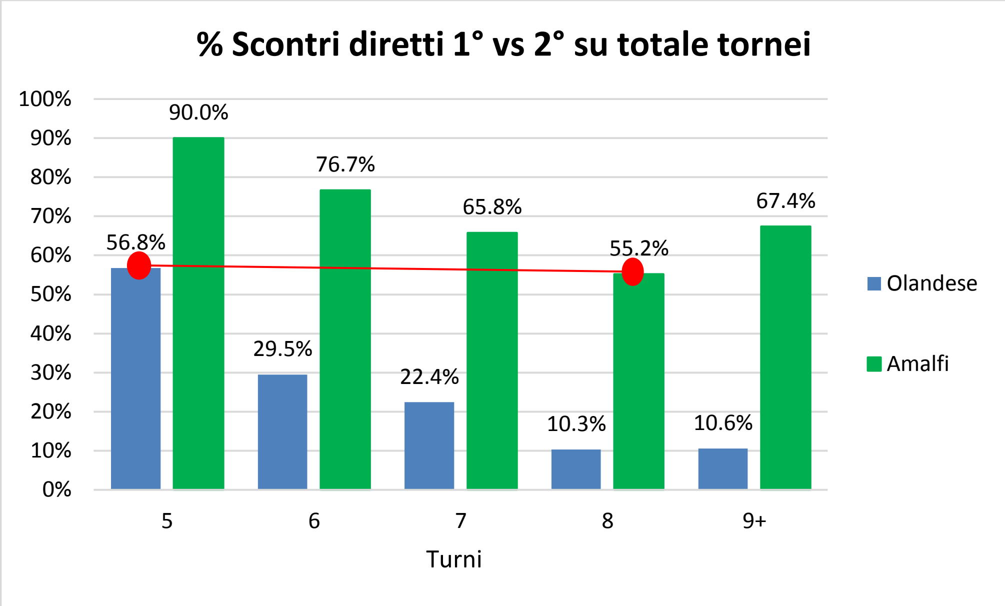
Concentrandoci ancora sul numero di finalissime, ho tentato di spiegare il dato facendo riferimento alla numerosità dei tornei:

Categoria torneo	**Olandese**	**Amalfi**
Piccolo	32,1% (73 su 228)	72,8% (166 su 228)
Medio	39,2% (78 su 199)	80,4% (160 su 199)
Numeroso	41,0% (25 su 61)	88,5% (54 su 61)

Il dato è evidente: al crescere della numerosità del torneo, entrambi gli algoritmi hanno migliorato la propria precisione fornendo una percentuale maggiore di scontri diretti di massima importanza. Va però detto che spesso nei tornei che abbiamo definito "piccoli" accade che due giocatori, che in seguito risultano i migliori, si incontrino già in turni precedenti all'ultimo, come generalmente è accaduto in molti tornei con sistema Olandese, che quindi nel turno finale hanno dovuto 'ripiegare' su scontri diretti meno importanti rispetto alla finalissima.
Un altro tipo di analisi sulla frequenza delle finalissime può essere condotto concentrandosi sull'influenza del numero dei turni, vediamo la tabella e il grafico:

N° Turni	**Olandese**	**Amalfi**
5	108 su 190	171 su 190
6	43 su 146	112 su 146
7	17 su 76	50 su 76
8	3 su 29	16 su 29
≥9	5 su 47	31 su 47

[9] Numero di tornei moltiplicato per i coefficienti della miglior accoppiata possibile, ovvero 1 vs 2 e 3 vs 4.



L'aumentare del numero di turni influisce negativamente sulla "precisione" di entrambi gli algoritmi, in maniera particolarmente pesante sull'Olandese, che scende dal buon 56% dei tornei da 5 turni ad un pessimo 10% nei tornei da 8 turni in su. Da segnalare che l'Amalfi nel peggiore dei casi (8 turni) garantisce una percentuale prossima a quella del migliore dei casi dell'Olandese, mentre in ben 9 tornei brevi su 10 riesce a terminare con una finalissima.

Infine, un risultato ancora migliore per l'organizzazione di una competizione sarebbe quello di avere all'ultimo turno tutti e quattro i migliori giocatori in due sole scacchiere; vediamo dunque la tabella delle frequenze dei doppi scontri diretti:

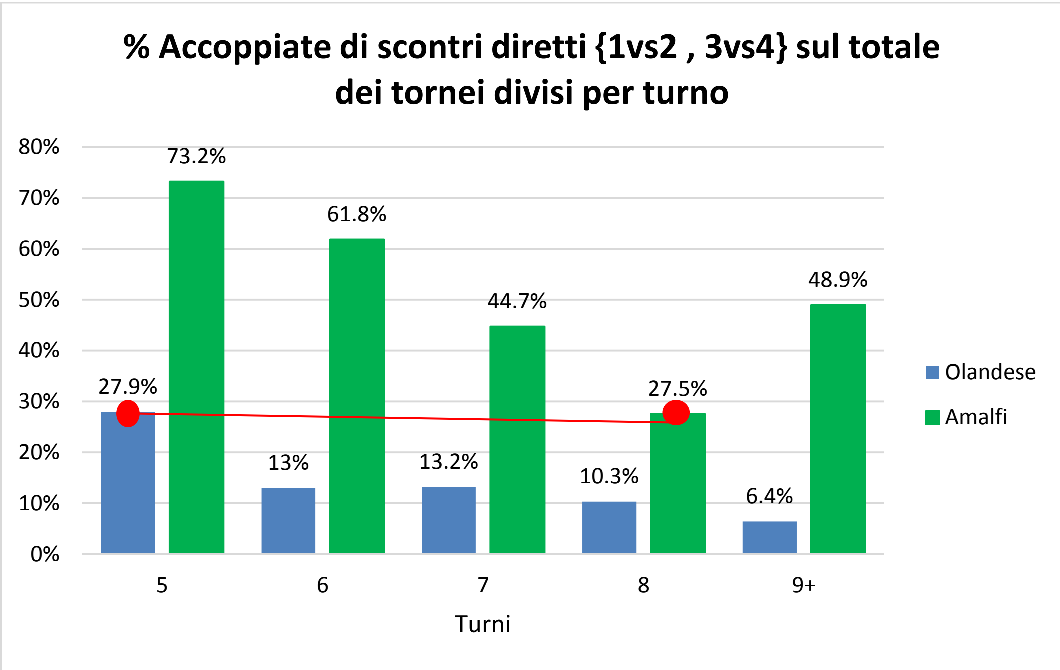
Scontri diretti	**Olandese**	**Amalfi**
1 vs 2 e 3 vs 4	88	**292**
1 vs 3 e 2 vs 4	61	40
1 vs 4 e 2 vs 3	43	20
Totale tornei	192	**352**

Il sistema Amalfi ancora una volta fornisce ottime risposte: infatti per 292 volte, ossia nel 60% dei casi, questo algoritmo ha creato un turno finale con la miglior coppia possibile di scontri diretti. Riferendoci al totale dei tornei con doppio scontro, la differenza di 160 casi con l'Olandese è schiacciante e spiega in gran parte quei 180 scontri diretti totali in più che ha fatto registrare l'Amalfi.

Riproponiamo l'analisi che considera il numero di turni per quanto riguarda il numero di volte in cui i tornei sono terminati con la miglior accoppiata possibile di scontri diretti:

Categoria torneo	Olandese	Amalfi
Piccolo	17,1% (39 su 228)	53,1% (121 su 228)
Medio	17,6% (35 su 199)	66,3% (132 su 199)
Numeroso	22,9% (14 su 61)	63,9% (39 su 61)

N° Turni	Olandese	Amalfi
5	53 su 190	139 su 190
6	19 su 146	84 su 146
7	10 su 76	34 su 76
8	3 su 29	8 su 29
≥9	3 su 47	23 su 47



I dati, con entrambe le segmentazioni, confermano quanto visto prima, con la differenza che per l'Olandese stavolta il caso peggiore sono i tornei da 9 o più turni. Salta subito agli occhi che anche in questo caso il peggior dato dell'Amalfi è comunque molto simile al miglior risultato raggiunto dall'Olandese. In generale, l'Amalfi continua ad avere ottimi numeri su tornei entro i 6 turni, ma accusa un forte calo specie sulle competizioni della durata di 8 turni.

4.4 Pareggi

L'ultima analisi effettuata è quella sul numero di incontri terminati in parità. Come già detto, spesso la patta può derivare da alcune dinamiche che non sono state

considerate dalla nostra simulazione: cercheremo dunque di trattare i dati con il dovuto distacco al fine di poter trarre comunque delle conclusioni interessanti.
Ho raccolto il numero di pareggi tramite la trasposizione su fogli di calcolo Excel di tutti i turni dei vari tornei simulati: ne segue la schematizzazione che mostro in due tabelle, in cui i dati si riferiscono al singolo turno e sono divisi per durata.

Sistema Olandese

N° turni	5	6	7	8	9	10	Totali
Incontri/turno	2652	1950	1136	443	1155	10	
Turno 1	343	271	141	81	133	1	970
Turno 2	548	382	212	87	228	2	1459
Turno 3	572	390	221	97	251	3	1534
Turno 4	602	442	249	89	238	2	1622
Turno 5	619	445	251	99	241	3	1658
Turno 6		454	272	113	233	3	1075
Turno 7			248	113	256	4	621
Turno 8				111	270	2	383
Turno 9					270	1	271
Turno 10						2	2
Pareggi totali	2684	2384	1594	790	2120	23	**9595**
Media	0,202	0,204	0,20	0,223	0,204	0,23	0,204

Sistema Amalfi

N° turni	5	6	7	8	9	10	Totali
Incontri/turno	2652	1950	1136	443	1155	10	
Turno 1	663	461	264	120	293	1	1802
Turno 2	499	362	209	103	205	2	1380
Turno 3	576	417	244	89	217	4	1547
Turno 4	604	434	231	98	229	0	1596
Turno 5	645	437	267	104	244	2	1699
Turno 6		475	260	92	281	1	1109
Turno 7			297	105	292	5	699
Turno 8				119	301	5	425
Turno 9					308	2	310
Turno 10						0	0
Pareggi totali	2987	2586	1772	830	2370	22	**10567**
Media	0,225	0,221	0,223	0,234	0,228	0,22	0,225

In generale gli algoritmi hanno dato luogo a risultati molto simili e quindi salta subito agli occhi che la differenza di circa 1000 pareggi complessivi tra i due sistemi va individuata nei dati riferiti al primo turno: sono infatti 1802 i pareggi dei tornei con sistema Amalfi, a fronte di 970 per quanto riguarda il sistema Olandese (+832). Questo dato è il risultato di quella che è la struttura dei due algoritmi: per approfondire il discorso, vediamo il numero medio di pareggi ogni 100 partite, mostrando i valori turno per turno:

	Olandese	Amalfi	Diff.
Turno 1	13,20	24,53	-11,33
Turno 2	19,86	18,79	+1,07
Turno 3	20,88	21,06	-0,18
Turno 4	22,08	21,73	+0,35
Turno 5	22,57	23,13	-0,56
Turno 6	22,90	23,63	-0,73
Turno 7	22,63	25,47	-2,84
Turno 8	23,82	26,43	-2,61
Turno 9	23,26	26,61	-3,35
Media	**20,43**	**22,51**	**-2,08**

N.B. Solo un torneo dura 10 turni, i dati sono irrilevanti

Spieghiamo ciò che abbiamo appena visto nel dettaglio, ricordando che nell'Amalfi al primo turno ci sono incontri più equilibrati in quanto la distanza nell'elenco inziale tra i due sfidanti è pari a T (ovvero al massimo 9, in un solo caso 10), mentre secondo l'Olandese il numero di posizioni che separano nell'elenco iniziale i due giocatori accoppiati è pari a N/2, che nell'87,7% dei casi (428 su 488) risulta essere maggiore di T e dà quindi luogo a sfide più squilibrate, al punto che in molti casi si usa assegnare 1 punto fittizio in classifica (che poi viene tolto dopo 3 turni) ai giocatori più forti, in modo tale da separarli da subito dal resto del gruppo e fornire sin dall'inizio scontri più equilibrati e avvincenti.
Tornando a parlare dell'andamento dei pareggi nei vari turni, concludiamo la nostra analisi rilevando, per entrambi i sistemi, un andamento leggermente crescente per quanto riguarda i turni dal secondo in poi; nel caso dell'Olandese questo andamento può essere esteso a partire dal primo turno, anche per via del ragionamento appena fatto.
Cerchiamo infine di spiegare ancora più approfonditamente il dato ottenuto dall'analisi dei pareggi facendo uso di altre variabili: ci serviamo in particolare della media del numero di pareggi rispetto al numero complessivo di incontri e delle differenze medie tra gli Elo degli sfidanti; anche quest'ultimo dato è stato desunto da Vega e spostato su fogli Excel per la raccolta e i calcoli.

Ripetiamo la stessa schematizzazione effettuata per il numero di pareggi nella tabella che segue: il valore preso in considerazione in questo caso sarà la differenza media tra gli Elo degli sfidanti nei vari turni.

	Olandese	Amalfi	Diff.
Turno 1	273,13	107,70	+165,44
Turno 2	187,86	199,80	-11,93
Turno 3	163,89	172,14	-8,25
Turno 4	147,82	152,07	-4,25
Turno 5	138,10	132,97	+5,14
Turno 6	139,88	121,83	+18,05
Turno 7	135,81	114,12	+21,68
Turno 8	128,95	102,33	+26,62
Turno 9	129,81	86,75	+43,06
Turno 10	140,40	117	+23,40
Media	**172,09**	**144,17**	**+27,92**

I dati riguardanti il turno 1 confermano pienamente il discorso effettuato in precedenza evidenziando una differenza media di oltre 165 punti.
Per poter capire meglio il nesso tra questa tabella e il numero medio di pareggi nei turni, sfruttiamo la tabella FIDE delle probabilità di vittoria che abbiamo utilizzato per simulare gli incontri: scopriamo quindi che in quasi tutti i casi il numero medio di pareggi corrisponde esattamente alle probabilità di pareggio delle partite con la determinata differenza media di Elo riscontrata nei turni di riferimento.
Vediamo alcuni esempi:

- Turno 1 Amalfi, differenza Elo media ≈ 108 → P_X = 0,24 = media pareggi
- Media generale differenza Elo Amalfi ≈ 144 → P_X = 0,22 = media pareggi

5. Conclusioni

L'obiettivo di questo studio sperimentale non era tanto di definire quale fosse il "migliore" tra i due algoritmi, i quali, come abbiamo visto, portano a svolgimenti molto diversi dei tornei, ma fornire indicazioni interessanti sulle loro differenze e sulle loro caratteristiche al variare delle caratteristiche dei singoli tornei.

Il sistema Olandese si è fatto quindi apprezzare per la più forte correlazione evidenziata particolarmente nei tornei numerosi, ma anche in generale nelle situazioni di disomogeneità, seguendo quella che è naturalmente la tendenza del torneo ideale, ovvero il girone all'italiana.

Nei tornei di media e bassa numerosità non abbiamo riscontrato differenze abbastanza evidenti da poter trarre conclusioni definitive sul comportamento dei due sistemi, così come è accaduto per la speciale categoria dei tornei Élite.

Pertanto, il sistema Olandese si lascia preferire se la scelta nell'organizzazione di un torneo numeroso è quella di creare poche sorprese per garantire agli iscritti di fascia alta di restare nelle loro zone di competenza della classifica e, se vogliamo, può stimolare i giocatori più deboli con partite in cui possono misurarsi con avversari forti ed eventualmente ottenere risultati che permetterebbero grossi balzi nel loro *ranking* di riferimento.

Abbiamo comunque potuto appurare come, nonostante la forte correlazione positiva tra aspettative ed esito finale sia una caratteristica del torneo ideale, ci sia motivo di iscriversi a tornei di tipo Olandese anche per i giocatori più deboli, i quali, come visto negli esempi grafici mostrati nel primo capitolo, hanno avuto le loro *chances* per ambire a posizioni che secondo pronostici non avrebbero dovuto essere alla loro portata.

Il sistema Amalfi, dal canto suo, non avrà dato risposte significative al variare della numerosità, ma ha stravinto il confronto sul dato degli scontri diretti e in generale fornito partite più equilibrate: queste caratteristiche rendono la competizione sicuramente più spettacolare e divertente per i partecipanti stessi.

Allora perché mai preferire il sistema Olandese se si può avere un torneo più spettacolare? Una risposta semplice può essere data dal fatto che gli sfidanti che vengono accoppiati in quelli che abbiamo definito scontri diretti non sono i primi della lista iniziale, bensì i primi della classifica momentanea della competizione: la logica dell'Amalfi è che per essere il migliore in un torneo bisogna affrontare non i migliori "teorici", ma coloro che in quel dato torneo sono stati i migliori; è questo il motivo principale per cui su molte riviste e *blogs* [3] si può leggere il dissapore provato da giocatori con *rating* Elo molto alti nei confronti di questo algoritmo sperimentale.

In questa analisi, considerando complessivamente i due sistemi messi a confronto e anche i tornei all'italiana, sono state simulate oltre 400.000 partite, ma va

considerato che ad ognuna di esse avrebbero potuto essere assegnati altri 99 valori randomizzati e che avremmo potuto ottenere nei singoli casi tornei completamente diversi da quelli che abbiamo osservato. Ci sono molti aspetti su cui si potrebbe riflettere: ad esempio si potrebbe effettuare un’analisi di stabilità al fine di controllare se effettivamente gli esiti dei tornei restano simili con simulazioni ripetute o se c’è variabilità significativa; si potrebbe altresì valutare la lista di avversari affrontati da ogni giocatore e verificare quali siano i tornei più “complicati” da giocare.
Va da sé, comunque, che nel “mondo reale” ogni torneo ha la sua storia e sicuramente un’organizzazione con l’uno o l’altro sistema può instradarlo su determinati binari, ma, come abbiamo avuto modo di osservare, l’andamento dello stesso può essere controllato solo fino a un certo punto.

Appendice

La simulazione di ogni singola partita avviene, per conformità, sempre nella stessa identica maniera: utilizzando l'editor del JCreator di Java abbiamo scritto questo programma che, a partire da una coppia di giocatori, simula un incontro e fornisce il risultato finale.
L'input del programma sono i punteggi Elo dei due sfidanti che vengono letti grazie ad un oggetto *lettore* di numeri interi; viene generato un intero random compreso tra 1 e 100, quindi viene letta la differenza Elo assoluta e si valuta sulla tabella di probabilità (cumulate) il risultato finale dell'incontro.
Naturalmente si può iterare l'operazione e leggere gli Elo da elenco per ottenere in pochissimo tempo un numero molto elevato (anche milioni) di partite simulate.

```
import java.util.Scanner;
import javax.swing.JOptionPane;

public class SIMULAZIONE {
	public static int leggiPunteggiElo(String messaggio) {
		int n = 0;
		boolean erroreVerificato = false;
		do {
			try {
				erroreVerificato = false;
				n =
Integer.parseInt(JOptionPane.showInputDialog(messaggio));
			} catch(NumberFormatException e) {
				erroreVerificato = true;
				JOptionPane.showMessageDialog(null, "Errore di
digitazione");
			}
		} while(erroreVerificato || n<0);
		return n;
	}
	public static void main(String[]args) {
		int tab [][] = {
				{3, 10, 17, 25, 32, 39, 46, 53, 61, 68, 76, 83, 91,
				98, 106, 113, 121, 129, 137, 145, 153, 162, 170, 179,
				188, 197, 206, 215, 225, 235, 245, 256, 267, 278, 290,
				302, 315, 328, 344, 357, 374, 391, 411, 432, 456, 484,
				517, 559, 619, 735, 3000},
				{33, 34, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 48, 49,
				50, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 68,
				69, 70, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86,
```

```
                    88, 89, 90, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99},
                    {67, 68, 68, 69, 70, 70, 71, 72, 72, 73, 74, 74, 75, 76,
                    76, 77,78, 78, 79, 80, 80, 81, 82, 82, 83, 84, 84, 85,
                    86, 86, 87, 88, 88, 89, 90, 90, 91, 92, 92, 93, 94, 94,
                    95, 96, 96, 97, 98, 98, 99, 99, 100}
            };

        int G1= leggiPunteggiElo("Digita il punteggio Elo del giocatore 1");

        int G2= leggiPunteggiElo("Digita il punteggio Elo del giocatore 2");

        System.out.print (G1 + " - " + G2 + "  ");

        int p=0;
        int x= (int)(Math.random()*100) + 1;

        int Diff= G1-G2 ;
        if (Diff >= 0)
            Diff=Diff;
        else
            Diff=-Diff;
        for (int j=0; j<4; j++){
            if ( Diff <= tab[0][j]){
                p=j;
                break;}
            }
        if ( x <= tab [1][p]) {
                if ( G1 > G2)
                    System.out.print ("1 - 0");
                else
                    System.out.print ("0 - 1");
                }
        else
        if ( x > tab [2][p] ) {
                if ( G1 > G2)
                    System.out.print ("0 - 1");
                else
                    System.out.print ("1 - 0");
                }
        else
            System.out.print ("1/2 - 1/2");
    }
}
```

Un esempio di output per questo programma è il seguente:

2035 – 1970   1/2 - ½

Vediamo quindi il programma con cui abbiamo simulato i tornei all'italiana.
Anche in questo caso è stato necessario creare dei *lettori,* stavolta però lo abbiamo fatto per permettere al programma di leggere informazioni da file di blocco note; i file di input sono due: l'array contenente il numero di iscritti ai tornei e la lista dei giocatori, ovvero l'unione di tutte le liste Elo di tutti i tornei.
Attraverso dei cicli *for* annidati vengono simulati uno ad uno tutti i 488 tornei e per ognuno di essi viene stampata la classifica finale.

```
import java.io.*;
public class Torneo_italiano {

	public static int[] leggielenco(String args)
		throws IOException {
		FileReader f;
		f=new FileReader("Elenco Elo giocatori.txt");
		BufferedReader b;
		b=new BufferedReader(f);
		String s;
		int a;
		int cont = 0;
		int Elo[]=new int[14881];
		while(true) {
			s=b.readLine();
			if(s==null)
		break;
			a=Integer.parseInt(s);
			Elo[cont]=a;
			cont++;
			}
			return Elo;
		}

	public static int[] leggielencoiscritti(String args)
		throws IOException {
		FileReader f;
		f=new FileReader("Numero iscritti.txt");
		BufferedReader b;
		b=new BufferedReader(f);
		String s;
		int a;
		int cont = 0;
		int Iscritti[]=new int[488];
```

```
		while(true) {
			s=b.readLine();
			if(s==null)
		break;
			a=Integer.parseInt(s);
			Iscritti[cont]=a;
			cont++;
			}
			return Iscritti;
		}

	public static void main(String[]args) {
		try{
			int tab [][] = {
				{3, 10, 17, 25, 32, 39, 46, 53, 61, 68, 76, 83, 91,
				98, 106, 113, 121, 129, 137, 145, 153, 162, 170, 179,
				188, 197, 206, 215, 225, 235, 245, 256, 267, 278, 290,
				302, 315, 328, 344, 357, 374, 391, 411, 432, 456, 484,
				517, 559, 619, 735, 3000},
				{33, 34, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 48, 49,
				50, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 68,
				69, 70, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86,
				88, 89, 90, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99},
				{67, 68, 68, 69, 70, 70, 71, 72, 72, 73, 74, 74, 75, 76,
				76, 77,78, 78, 79, 80, 80, 81, 82, 82, 83, 84, 84, 85,
				86, 86, 87, 88, 88, 89, 90, 90, 91, 92, 92, 93, 94, 94,
				95, 96, 96, 97, 98, 98, 99, 99, 100}
			};
	int punteggi_Elo[]=leggielenco("");
	int numero_iscritti[]=leggielencoiscritti("");
	int N, aus=0;
	for (int a=0; a<numero_iscritti.length; a++){
// scorro l'elenco con il numero di iscritti per ogni torneo, utilizzo una variabile
ausiliaria per ricordare la posizione nell'array punteggi_Elo //
		N = numero_iscritti[a];
		aus = aus + N;
// creo la lista dei giocatori, una matrice in cui nella seconda riga ho N zeri, ovvero il
punteggio di ogni giocatore ad inizio torneo //
		int Elo[][]=new int [2][N];
		for (int b=0; b<N; b++){
			Elo [0][b]= punteggi_Elo[aus + b - N];
			Elo [1][b]= 0;
			}
```

```
// simulo tutte le partite del torneo //
        int rand, Diff, p=0;
        for (int i=0; i<N - 1; i++){
            for (int k=i+1; k<N; k++){
                rand= (int)(Math.random()*100) + 1;
                Diff = Elo[0][i] - Elo [0][k];
                for (int j=0; j<51; j++){
                    if ( Diff <= tab[0][j]){
                        p=j;
                        break;}
                        }
                    if ( rand <= tab [1][p]){
                        Elo[1][i]=Elo[1][i]+1;
                        }
                    else
                    if ( rand > tab [2][p]){
                        Elo[1][k]=Elo[1][k]+1;
                        }
                    else {
                        Elo[1][i]=Elo[1][i]+0.5;
                        Elo[1][k]=Elo[1][k]+0.5;
                        }
                }
            }

// devo rimettere in ordine la classifica e creare nuovo array: classifica finale //
        int aux, aux2 = 0;
        int classifica_finale[][] = new int[2][N];

        for (int d=0; d<2; d++)
            for (int e=0; e<N; e++){
                classifica_finale[d][e]=Elo[d][e];
            }
// utilizzo il bubble sort per rimettere in ordine l'array classifica finale in base ai
punti accumulati nel torneo //
        for (int b=0; b<N-1;b++)
            for (int c=0; c<N-1;c++)
                if (classifica_finale[1][c]<classifica_finale[1][c+1]){
                    aux=classifica_finale[1][c];
                    aux2=classifica_finale[0][c];
                    classifica_finale[1][c]=classifica_finale[1][c+1];
```

```
                    classifica_finale[0][c]=classifica_finale[0][c+1];
                    classifica_finale[1][c+1]=aux;
                    classifica_finale[0][c+1]=aux2;
                }
// stampo la classifica finale
            for (int f=0; f<N; f++)
                System.out.println(classifica_finale[0][f]);
```

Un esempio di output è:

```
1980
1769
1876
1830
1623
1459
```

Infine abbiamo scritto il programma che, date la lista Elo iniziale e la classifica finale di un torneo, calcola l'indice di correlazione richiesto.
Come per il programma appena visto, bisogna creare dei *lettori*: stavolta ce ne servono tre per calcolare il coefficiente ρ di Pearson, infatti dobbiamo leggere da file il numero di iscritti al torneo, la lista Elo iniziale e la classifica finale.
Nel caso del calcolo dell'indice R per ranghi di Spearman basterà cambiare i due file di input di liste Elo con le liste degli Id dei giocatori.

```
import java.io.*;
public class Correlazioni {
    public static int[] leggielencoElo(String args)
        throws IOException {
        FileReader f;
        f=new FileReader("Elenco Elo giocatori.txt");
        BufferedReader b;
        b=new BufferedReader(f);
        String s;
        int a;
        int cont = 0;
        int Elo[]=new int[14881];
        while(true) {
            s=b.readLine();
            if(s==null)
                break;
            a=Integer.parseInt(s);
```

```
			Elo[cont]=a;
			cont++;
			}
		return Elo;
	}
	public static int[] leggiclassifiche(String args)
		throws IOException {
		FileReader f;
		f=new FileReader("Classifiche finali.txt");
		BufferedReader b;
		b=new BufferedReader(f);
		String s;
		int a;
		int cont = 0;
		int Elo[]=new int[14881];
		while(true) {
			s=b.readLine();
			if(s==null)
				break;
			a=Integer.parseInt(s);
			Elo[cont]=a;
			cont++;
			}
		return Elo;
	}
	public static int[] leggielencoiscritti(String args)
		throws IOException {
		FileReader f;
		f=new FileReader("Numero iscritti.txt");
		BufferedReader b;
		b=new BufferedReader(f);
		String s;
		int a;
		int cont = 0;
		int Iscritti[]=new int[488];
		while(true) {
			s=b.readLine();
			if(s==null)
				break;
			a=Integer.parseInt(s);
			Iscritti[cont]=a;
			cont++;
		}
```

```
                    return Iscritti;
          }

  public static void main(String[]args) {
                    try{
                              int Elo_iniziale[]=leggielencoElo("");
                              int Elo_finale[]=leggiclassifiche("");
                              int numero_iscritti[]=leggielencoiscritti("");
(1)                           int N, aus =0;
                              for (int a=0; a<numero_iscritti.length; a++){
/* scorro l'elenco con il numero di iscritti per ogni torneo, utilizzo una variabile
ausiliaria per ricordare la posizione nell'array dei punteggi */
                                        N = numero_iscritti[a];
                                        aus = aus + N;
(2)
(3)                                     int matrice_Elo[][]=new int[2][N];
(4)                                     for (int b=0; b<N; b++){
                                                  matrice_Elo[0][b]= Elo_iniziale[aus + b - N];
                                                  matrice_Elo[1][b]= Elo_finale[aus + b - N];
                                                  }
/* Resta solo da calcolare la correlazione: trattandosi di due insiemi che contengono
(ovviamente in ordine diverso) gli stessi elementi posso calcolare la correlazione
tramite il rapporto tra la covarianza tra i due insiemi e la varianza di uno qualunque
dei due array, dato che secondo la formula dovrei calcolare la radice quadrata di
Var(X)*Var(Y) che in questo caso corrisponde a Var(X).
Ho inoltre escluso dai due calcoli il valore 1/N perchè si annulla */
                                        double Rho, Cov, Var_i, Var_f, sum_i, sum_f = 0;
(5)                                     for (int r=0; r<N; r++){
                                                  sum_i= sum_i + matrice_Elo[0][r];
                                                  sum_f= sum_f + matrice_Elo[1][r];
                                        }
                                        double media_i= sum_i/N;
                                        double media_f= sum_f/N;
                                        for (int s=0; s<N; s++){
                                                  Cov = Cov + (matrice_Elo[0][s]-
media_i)*(matrice_Elo[1][s]-media_f);
                                        }
                                        for (int t=0; t<N t++){
                                                  Var_i = Var_i + (matrice_Elo[0][t]-
media_i)*(matrice_Elo[0][t]-media_i);
                                                  Var_f = Var_f + (matrice_Elo[1][t]-
media_f)*(matrice_Elo[1][t]-media_f);
```

```
                    }
                    Rho = Cov/(Math.sqrt((Var_i)*(Var_f)));
                    System.out.println(Rho);
                }
            }catch(IOException e){
                e.printStackTrace();
            }
        }
}
```

Il programma per calcolare gli indici di correlazione su N/3 degli insiemi è identico al precedente nella struttura, bisogna solamente effettuare le seguenti sostituzioni:

(1) `int T=0;`
(2) `T = (int)((N+1)/3);`
(3) `int matrice_Elo[][]=new int[2][T];`
(4) `for (int b=0; b<T; b++){`
(5) inserire T al posto di ogni N.

Bibliografia

[1] JIMMY ADAMS, *Johannes Zukertort Artist of the Chessboard*, Caissa Editions, 1989

[2] LEONARD BARDEN, *Play better CHESS with Leonard Barden,* Octopus Books Limited, 1980

[3] GOJKO LAKETIC, *Storia di una partita a scacchi che ha rovinato un'amicizia e di un sistema di accoppiamenti che umilia la sana competizione*, blog http://soloscacchi.altervista.org/?p=10757

[4] ROBERT BYRNE, *Chess*, The New York Times, 14 Gennaio 1997

[5] ARPAD ELO, *The Rating of Chessplayers, Past and Present* , Arco, 1978

[6] SCHOLASTIC CHESS OF INDIANA, *Swiss System*, http://scichess.org/faq/swiss.html

[7] http://www.arbitriscacchi.com/cgi-bin/arbitri.cgi?azione=listagen&tipo=DOC, *Sistema Amalfi*

[8] FÉDÉRATION INTERNATIONALE DES ÉCHECS, *FIDE Handbook: Laws of chess, art. 5.2.*

[9] GODFREY HAROLD HARDY, *Ramanujan: Twelve Lectures on Subjects Suggested by His Life and Work,* 3ª ed., New York, American Mathematical Society, 1999

[10] FÉDÉRATION INTERNATIONALE DES ÉCHECS, FIDE Handbook: Laws of chess, sez. B.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare in modo particolare il Sig. Sergio Pagano, senza il quale non sarebbe stato possibile effettuare questo studio.
Ringrazio inoltre la mia famiglia e i miei più cari amici per il sostegno forte ed assiduo di cui mi hanno fatto dono in questi tre anni.