

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Gestionale e della Produzione

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale



Tesi di Laurea Magistrale

**ANALISI DELLA LETTERATURA SPORTIVA PER
L'IDENTIFICAZIONE DELLE METRICHE DI MAGGIOR INTERESSE
NEL TENNIS E NELL'INDIVIDUAZIONE DEL TALENTO**

Relatore:

Prof. Federico Caviggioli

Candidato:

Stefano Felice

Anno Accademico 2019-2020

«Spero che tutti possano diventare ricchi e famosi ed avere tutto quello che hanno sempre sognato, così scopriranno che quella non è la risposta che stavano cercando»

-Jim Carrey

INDICE

Introduzione	pag. 4
Capitolo 1: Le statistiche fondamentali	pag. 6
Capitolo 2: I migliori	pag. 30
Capitolo 3: Il talento: natura ed educazione	pag. 43
Conclusioni	pag. 64
Appendice	pag. 66
Bibliografia e sitografia	pag. 73
Ringraziamenti	pag. 74

INTRODUZIONE

Considerato storicamente uno sport nobile, in quanto una delle attività preferite da re e principi francesi ed inglesi fin dal XIII secolo, ai nostri giorni il tennis appassiona persone di ogni età e classe sociale, grazie alla semplicità del suo regolamento, alla ridotta attrezzatura necessaria per praticarlo e alla possibilità di essere giocato anche da solo una coppia di persone. Tuttavia, il tennis moderno, così come lo conosciamo oggi, è un'idea del colonnello inglese Walter Clopton Wingfield, il quale, sul finire dell'Ottocento, ha stabilito le dimensioni del campo e delle attrezzature ed ha, inoltre, diviso i giochi in serie e numerato i punti nella maniera che conosciamo oggi.

In Italia il tennis viene importato da Sir Charles Henry Lowe, un gentiluomo anglosassone che richiede la costruzione di un campo da gioco a Bordighera. A cavallo tra i due secoli la popolarità di questo sport cresce esponenzialmente, al punto da portare alla creazione, nel 1910, della Federazione Italiana Tennis (FIT), alla cui presidenza si siede il marchese Pietro Antinori.

Al giorno d'oggi i tornei più importanti sono organizzati dagli organi internazionali ATP (Association of Tennis Professional) e WTA (Women's Tennis Association), che si occupano, rispettivamente, dei circuiti maschile e femminile. Le competizioni più prestigiose sono quelle facenti parte del Grande Slam, ovvero i tornei Australian Open, Roland Garros, Wimbledon e U.S. Open, seguiti dai Masters 1000, 500 e 250.

Il tennis è uno degli sport con un maggiore impatto economico. Ciò è dovuto al grande numero di appassionati, stimato da Topend Sports in 60 milioni di praticanti e oltre 1.2 miliardi di spettatori che mediamente seguono i tornei più importanti, e al giro di affari che lo riguarda: basti pensare che, ad esempio, il torneo di Wimbledon nel 2014 ha registrato oltre 39.000 spettatori e, stando ai dati rilasciati dalla Lawn Tennis Association, ovvero la federazione del tennis britannica, i profitti raggiunti hanno superato i 56 milioni di sterline. È esplicativo il fatto che nonostante la recessione stia colpendo le maggiori potenze mondiali, l'economia del tennis non ha subito alcun contraccolpo: se, infatti, consideriamo come indicatore di un'economia solida il numero di investimenti effettuati in determinato settore,

intuiamo come il tennis sia uno sport ricco ed in salute, non colpito dalla crisi economica. Lampante è l'esempio del torneo di Indian Wells. Esso si svolge immediatamente dopo l'Australian Open: è il primo Master 1000 della stagione ed il più ricco se consideriamo il montepremi. Larry Ellison, proprietario del torneo e dell'Indian Wells Tennis Garden è salito alla ribalta per una serie di investimenti che hanno portato il suo torneo ad essere considerato un "quinto Slam", tra cui la costruzione, completata in un anno, dello Stadium 2, e l'introduzione dell'hawk-eye (occhio di falco) su tutti i campi.

Anche l'Italia ha deciso di effettuare investimenti consistenti sugli Internazionali di Roma, in termini di pubblicità e infrastrutture. Lo stadio Centrale ad esempio, inaugurato nel 2010, potrebbe presto dotarsi di una copertura mobile, al fine di rendere il torneo sempre più competitivo.

LE STATISTICHE FONDAMENTALI

Negli ultimi decenni, soprattutto grazie all'aiuto della tecnologia, si è verificato un forte aumento di disponibilità di statistiche in tutte i frangenti di una partita di tennis, sia in attacco, ovvero quando un giocatore è al servizio (numero di aces, doppi falli, percentuale di efficacia del primo servizio ecc.) sia in difesa, ovvero quando un giocatore risponde al servizio (break points vinti, punti realizzati rispondendo al primo o secondo servizio ecc.). Nella fase successiva alla raccolta di questi dati ci si è, però, trovati di fronte ad un doppio problema. In primo luogo si è verificata la necessità di realizzare, partendo dai dati raccolti, ovvero efficacia in attacco e difesa, un modello in grado di calcolare l'efficacia complessiva di un determinato giocatore. Successivamente è stato fondamentale scegliere un output adeguato per il modello da costruire. Vista l'importanza e la sempre crescente dimensione dei premi dei vari tornei (ad esempio nel 2007 Roger Federer è diventato il primo tennista a vincere più di dieci milioni di dollari in una singola stagione), si è scelto di utilizzare come misura dell'efficienza complessiva di un tennista la capacità di un giocatore di tradurre in premi in denaro le sue prestazioni sul campo da gioco.

Il modello utilizzato è un data envelopment analysis (DEA), ovvero una metodologia di programmazione lineare per misurare le prestazioni di unità produttive. Esso è stato largamente utilizzato in passato per misurare l'efficienza nei vari sport, anche se maggiormente per quanto riguarda gli sport di squadra.

Nello specifico Glass, Kenjegalieva e Taylor, in *“Game, set and match: evaluating the efficiency of male professional tennis players”* (2014), utilizzando il DEA, hanno calcolato le misure di performance dei migliori cento giocatori nella classifica ATP della stagione 2009, al fine di fornire una visione più dettagliata della capacità di un giocatore di raggiungere il suo obiettivo di vincere il premio in denaro, partendo dalle risorse a sua disposizione.

Si è successivamente deciso di perfezionare il DEA mantenendo il premio in denaro come output principale, ma inserendo la percentuale di vittoria come output secondario. Questa scelta è dovuta al fatto che alcuni giocatori potrebbero decidere

strategicamente di partecipare a tornei per i quali il fattore economico potrebbe passare in secondo piano: nello specifico si parla di giocatori molto giovani che preferiscono mettersi in gioco in tornei più piccoli nei quali sono assenti le teste di serie, in modo da poter andare il più avanti possibile, guadagnare esperienza e scalare la classifica generale, e giocatori al rientro da un infortunio che vogliono rientrare gradualmente.

Per stabilire il contributo di una singola variabile sull'output finale è stato utilizzato l'approccio "dropping an input". Esso permette di determinare l'effetto relativo sull'efficienza, in modo da distinguere gli input di minore importanza e ometterli dall'analisi. Questo approccio ha, inoltre, mostrato che alcuni input, sia in attacco che in difesa, sono significativi nel calcolo dell'efficienza nella rispettiva fase di gioco, ma risultano poco importanti per il calcolo dell'efficienza totale.

Tutti i dati inseriti nel modello sono relativi alla stagione 2009 (fino alla settimana conclusasi il 19/10/09) per i primi cento giocatori in classifica e sono stati ottenuti dal sito web dell'ATP Tour. Gli input considerati quando un giocatore è al servizio (attacco) sono sette: (1) percentuale di efficacia del primo servizio (numero di servizi che atterrano nel service box al primo tentativo in proporzione al numero totale di battute); (2) percentuale di punti vinti al primo servizio (la percentuale di punti vinti dopo un primo servizio efficace); (3) percentuale di punti vinti al secondo servizio (proporzione di punti vinti dopo un secondo servizio efficace); (4) numero medio di ace per partita (un giocatore serve un ace quando il suo servizio atterra nel service box e il suo avversario non è in grado di rispondere); (5) l'inverso del numero medio di doppi falli per partita (un giocatore commette un doppio fallo quando nessuno dei due servizi atterra nel service box); (6) percentuale di break point annullati (i break point sono quelli che, se persi, concedono la vittoria del game e il turno di battuta all'avversario); (7) percentuale di game di servizio vinti (proporzione di game vinti quando il giocatore è in servizio). Gli input considerati quando un giocatore è in risposta (difesa) sono cinque: (1) percentuale di punti vinti restituendo un primo servizio di un avversario (percentuale di punti vinti quando il primo servizio dell'avversario atterra nel service box); (2) percentuale di punti vinti restituendo un secondo servizio dell'avversario (percentuale di punti vinti quando il

secondo servizio dell'avversario atterra nel service box); (3) percentuale di break point vinti; (4) percentuale di game vinti in risposta alla battuta; (5) percentuale di tie-break vinti (il tie-break si gioca se il punteggio in un set è di sei game pari). Il tie-break inizia con un giocatore che serve per un punto, dopodiché il suo avversario servirà per due punti, e da lì in poi ogni giocatore servirà alternativamente per due punti fino a quando un giocatore non raggiungerà almeno sette punti e avrà almeno due punti di vantaggio sul suo avversario. La percentuale di tie-break vinti è considerata un input difensivo poiché per vincere un tie-break è necessario mettere a segno almeno un punto durante il turno di servizio dell'avversario, e ciò riflette la bravura di un giocatore nel restituire il servizio. Il punteggio di efficienza globale è calcolato utilizzando entrambi gli input.

	Mean	Min	Max	SD
Attacking inputs				
First serves in (%)	60.9	52.0	74.0	4.5
Points won on first serve (%)	65.2	52.0	79.0	7.3
Points won on second serve (%)	51.1	43.0	58.0	3.0
Average aces per match	5.9	1.7	20.7	3.1
Average double faults per match	2.8	1.3	6.7	0.9
Break points saved (%)	60.8	49.0	74.0	4.8
Service games won (%)	78.4	66.0	92.0	5.7
Defensive inputs				
Points won returning the first serve (%)	28.9	21.0	37.0	3.0
Points won returning the second serve (%)	49.5	42.0	58.0	3.0
Break points won (%)	39.7	32.0	48.0	3.8
Return games won (%)	22.3	11.0	36.0	4.9
Tie breaks won (%)	50.2	0.0	100.0	18.0
Outputs				
Prize money (US\$)	709,797	78,259	6,183,961	954,978
Matches won (%)	51.7	25.0	87.3	14.2

Tab. 1.1: tabella riepilogativa degli input selezionati^[1]

Gli input e gli output calcolati sono presentati nella Tabella 1.1. È possibile notare come gli input con la maggiore deviazione standard siano la percentuale di vittorie al tie-break e la percentuale di punti vinti al primo servizio: ciò suggerisce come sia più semplice per un giocatore accrescere la sua efficienza complessiva canalizzando i suoi sforzi nel migliorare principalmente questi aspetti del suo gioco. Al contrario,

le deviazioni standard della percentuale dei game di servizio vinti e della percentuale dei game vinti in risposta non sono poi così diverse, perciò la possibilità, da parte del giocatore, di migliorare in questi due aspetti, sarà pressoché la stessa. L'unica variabile con una deviazione standard maggiore della media è il premio in denaro, infatti anche una piccola variazione degli input riguardanti i giocatori possono portare ad una grande variazione dell'output "prize money".

Dopo l'identificazione degli input è stato necessario fare un ranking, in modo da poter escludere le variabili di minore importanza, facendo attenzione a non sopravvalutare le prestazioni dei giocatori. Per fare ciò è stato utilizzato il metodo "dropping an input". In particolare, la differenza tra l'efficienza tecnica media della DEA a seguito dell'eliminazione di un input e l'efficienza tecnica media dalla DEA completa mostra la misura in cui l'insieme originale è influenzato da l'input omissso. Un input relativamente meno importante ha un effetto relativamente piccolo sull'efficienza tecnica media dalla DEA al completo.

Inputs	Attacking		Defensive		Overall	
	Single output	Two outputs	Single output	Two outputs	Single output	Two outputs
First serves in (%)	5	5			8	8
Points won on first serve (%)	4	3			5	5
Points won on second serve (%)	6	6			1	1
Average aces per match	1	2			11	10
Inverse of average double faults per match	2	1			9	9
Break points saved (%)	3	4			4	6
Service games won (%)	7	7			10	11
Points won returning the first serve (%)			4	5	6	7
Points won returning the second serve (%)			2	3	7	4
Break points won (%)			3	2	12	12
Return games won (%)			5	4	2	2
Tie breaks won (%)			1	1	3	3

Tab. 1.2: ranking degli input^[1]

La Tabella 1.2 presenta il risultato di questo procedimento considerando sia il caso con un solo output, sia quello con due. Al suo interno sono classificati gli input in

base alla loro importanza (all'input più importante è stato assegnato il valore 1) e sono stati evidenziati in grassetto quelli esclusi dall'analisi. Tale tabella ci consente di individuare come gli input impattino sul calcolo delle efficienze in attacco, in difesa e complessiva. Ad esempio, nel calcolo dell'efficienza difensiva, il numero di tie-break vinti è l'input più importante, e ciò è comprensibile dato che la sconfitta in un tie-break indica la sconfitta in un set, il che rende più difficile la vittoria finale del match. Nel calcolo dell'efficienza complessiva, invece, si nota come la percentuale di punti ottenuti in risposta alla battuta sia il secondo input più importante, mentre la percentuale di punti ottenuti al servizio non sia un input chiave: da ciò si può dedurre che, al fine di accrescere l'efficienza complessiva, un giocatore farebbe bene a migliorare negli aspetti che gli permettono di aumentare il numero di game vinti alla risposta piuttosto che quelli vinti al servizio. Non a caso, infatti, i break sono fondamentali al fine di vincere i set e, di conseguenza, gli interi match. L'input più importante per quanto riguarda l'efficienza complessiva è, invece, la percentuale di punti realizzati al secondo servizio. Dato che la seconda battuta ha molte meno probabilità di essere efficace rispetto alla prima battuta, si può concludere che è la capacità di un giocatore di vincere un punto con il secondo servizio che fa la differenza nella stima dell'efficienza complessiva.

È stato deciso, inoltre, di inserire nel modello delle variabili ulteriori, alcune delle quali "dummy", che potessero descrivere le caratteristiche fisiche e anagrafiche dei giocatori, come l'essere destri o mancini, peso, altezza, età, nazionalità ecc. in modo da poter verificare sperimentalmente alcuni luoghi comuni spesso insinuati dagli addetti ai lavori, come l'essere dei giocatori mancini o più alti della media possa essere un vantaggio al servizio.

Nella Tabella 1.3 sono riportati i punteggi di efficienza di alcuni giocatori. I primi quattro giocatori di questo campione sono rispettivamente i primi quattro della classifica ATP: Roger Federer, Rafael Nadal, Novak Djokovic e Andy Murray. Si può notare come Federer e Nadal siano tecnicamente efficienti in attacco, in difesa e a livello complessivo, sia con una singola uscita che con due. Djokovic è tecnicamente efficiente in attacco e complessivamente, sia con una sola uscita che con due uscite, ma in difesa è tecnicamente efficiente solo con due uscite. Infine, Andy Murray

risulta tecnicamente inefficiente in attacco, in difesa e complessivamente, con uscite sia singole che doppie.

Dai risultati si evince come, nonostante Nadal e Djokovic abbiano dei punteggi migliori nell'efficienza complessiva, sia Federer il numero uno al mondo.

Player	World ranking	Attacking		Defensive		Overall	
		Single output	Two outputs	Single output	Two outputs	Single output	Two outputs
Roger Federer	1	1.00 (3.01)	1.00 (12.96)	1.00 (3.32)	1.00 (16.48)	1.00 (3.26)	1.00 (17.79)
Rafael Nadal	2	1.00 (3.91)	1.00 (27.62)	1.00 (3.04)	1.00 (9.30)	1.00 (3.91)	1.00 (28.17)
Novak Djokovic	3	1.00 (2.91)	1.00 (4.99)	0.74	1.00 (2.43)	1.00 (2.92)	1.00 (5.16)
Andy Murray	4	0.61	0.75	0.82	0.89	0.75	0.82
Fabio Fognini	57	1.00 (1.00)	1.00 (1.00)	0.13	0.22	1.00 (1.00)	1.00 (1.04)
Juan Ignacio Chela	94	1.00 (1.00)	1.00 (1.01)	0.18	0.62	1.00 (1.00)	1.00 (1.01)
Michael Russell	100	1.00 (1.01)	1.00 (4.18)	1.00 (1.06)	1.00 (6.34)	1.00 (1.12)	1.00 (4.95)
Marcel Granollers	78	0.24	0.36	0.20	0.32	0.34	0.58
Robert Kendrick	86	0.16	0.26	0.37	0.51	0.26	0.32
Robby Ginepri	92	0.15	0.23	0.20	0.30	0.17	0.29
John Isner	42	0.12	0.20	1.00 (1.02)	1.00 (1.02)	0.99	1.00 (1.03)
Lleyton Hewitt	22	0.50	0.33	0.47	0.28	0.59	1.00 (1.00)

Tab. 1.3: punteggi di efficienza dei giocatori selezionati^[1]

Tuttavia, se la prestazione di Federer si mantiene costante, Nadal o Djokovic potrebbero scavalcarlo nella classifica mondiale migliorando gli input difensivi e/o offensivi del loro gioco. Se teniamo in considerazione il singolo output, si può notare come i punteggi di efficienza tecnica difensiva mostrino che il divario tra Djokovic e Federer nella classifica mondiale si ridurrebbe se Djokovic migliorasse la sua efficienza tecnica difensiva con una sola uscita. Tuttavia il problema è che, anche se Djokovic migliorasse la sua efficienza tecnica difensiva portandola al 100%, non sarebbe in grado di scavalcare Federer e diventare il numero uno del mondo, o anche solo di raggiungere Nadal. Questo perché il premio in denaro di Djokovic, quando viene proiettato sulla frontiera difensiva con una sola uscita, è di 4,3 milioni di dollari, ovvero 0,9 e 1,9 milioni di dollari al di sotto del premio in denaro di Nadal e Federer, rispettivamente.

La stessa cosa accade per Murray, il quale è inefficiente in attacco, in difesa e complessivamente, sia con una singola uscita che con due uscite, per cui egli potrebbe ridurre il divario nella classifica mondiale tra se stesso e Federer diventando più efficiente dal punto di vista tecnico, in particolar modo migliorando la sua efficienza d'attacco. Tuttavia, anche se Murray migliorasse la sua efficienza

d'attacco con una sola uscita fino al 100%, non prenderebbe il posto di Federer come numero uno del mondo. Questo perché il premio in denaro di Murray quando viene proiettato sulla frontiera d'attacco con una singola uscita è di 5,4 milioni di dollari al di sotto del premio in denaro di Federer.

Nella Tabella 1.3, inoltre, riportati in parentesi, ci sono i punteggi di super-efficienza. Quando si calcolano le super-efficienze, il giocatore tecnicamente più efficiente viene omesso dalla costruzione della frontiera. Ciò, tuttavia, è potenzialmente incoerente con i punteggi di efficienza tecnica, poiché, se si omette un giocatore tecnicamente efficiente, le efficienze tecniche di quei giocatori nell'insieme di riferimento del giocatore omesso varieranno. Per esempio, quando si calcolano le efficienze tecniche in attacco con un singolo output, Nadal si trova nell'insieme di riferimento di 55 giocatori ed è evidente che i risultati siano particolarmente sensibili e possano variare tangibilmente con la presenza o meno di un giocatore considerato un "outlying" come Nadal. Nello specifico, con un singolo risultato, il punteggio medio di efficienza tecnica d'attacco dei 55 giocatori dell'insieme aumenta di 0,08 quando Nadal viene omesso dall'analisi.

Se si rivolge l'attenzione ai giocatori più in basso in classifica si possono notare dei casi limite. Un esempio è quello di Michael Russell, il quale nel nostro campione ha il ranking più basso (100) ma è tecnicamente efficiente in attacco, difesa e complessivamente, sia con un output che con due. I suoi montepremi e percentuale di vincita sono rispettivamente 78.259 dollari e 33%, entrambi al di sotto della media del campione. Si può quindi concludere che tali valori relativamente bassi siano dovuti alla scarsa qualità degli input su cui può fare affidamento e che è necessario per lui aumentare se vuole accrescere il suo montepremi e la sua percentuale di vincite.

Contrariamente a Russell si possono notare Robert Kendrick, Robby Ginepri e Marcel Granollers, rispettivamente in classifica generale alle posizioni 86, 92 e 78. Essi hanno una bassa posizione in classifica generale ed hanno mostrato una tangibile inefficienza in attacco, in difesa e complessivamente, sia con un output che con due. Questi giocatori stanno palesemente sottoperformando, perciò hanno a

disposizione un ampio margine di manovra per incrementare i propri output e di conseguenza salire in classifica generale.

Un'altra categoria di giocatori è quella alla quale appartengono coloro che presentano una inefficienza tecnica solamente in attacco o in difesa. Uno di questi giocatori è John Isner (42esimo nel ranking mondiale) il quale è un esempio interessante poiché è alto 2,08 metri ed è dotato del terzo servizio più veloce della storia (253 chilometri orari). Nonostante ciò, i suoi punteggi di efficienza tecnica in attacco sono 0,20 e 0,12, rispettivamente con una e due uscite. Si può concludere che, dato che il servizio è uno il colpo più importante nell'attacco del tennis, John Isner ne stia facendo un uso molto inefficiente. Al contrario, il gioco difensivo di Isner è tecnicamente efficiente.

Agli antipodi di John Isner si possono notare Fabio Fognini e Juan Ignacio Chela, rispettivamente alle posizioni 57 e 94 della classifica mondiale, i quali sono tecnicamente efficienti in attacco ma non in difesa: essi potrebbero, perciò, aumentare i propri output sia singoli che doppi sfruttando in maniera migliore i propri input.

Si può comunque notare come Isner, Fognini e Chela siano tecnicamente efficienti complessivamente, sia con un singolo output che con due. Questo fenomeno è interpretabile in due modi: inizialmente è possibile supporre che l'inefficienza nella fase di gioco in cui questi giocatori mostrano degli output scarsi sia ampiamente compensata dall'efficienza nella fase di gioco opposta. Una seconda possibilità è che tali giocatori siano in grado di combinare i propri input offensivi e difensivi in maniera efficiente.

Si può concludere sottolineando il curioso caso di Lleyton Hewitt (22esimo nel ranking), il quale mostra una pronunciata inefficienza sia in attacco che in difesa, ma allo stesso tempo una grande bravura nel combinare i suoi input offensivi e difensivi, che lo hanno portato ad essere efficiente complessivamente. Una ragione di questo fenomeno è che Hewitt è considerato da tutti gli addetti ai lavori un giocatore molto grintoso.

Nelle Tabelle 1.4 e 1.5 sono riportati i risultati dell'analisi di regressione anticipata in precedenza, con la quale si è cercato di quantificare la correlazione tra le caratteristiche fisiche ed anagrafiche dei giocatori e le loro performance. Le tabelle riportano i risultati della regressione rispettivamente con una e due troncamenti.

Variable	Attacking		Defensive		Overall	
	Single output	Two outputs	Single output	Two outputs	Single output	Two outputs
Right-handed	0.041	0.031	-0.052	-0.139	-0.235*	-0.414*
Continent of origin						
North America	0.151	-0.012	0.156	-0.160	-0.324	-0.348
South America	0.159	0.223	0.215	0.229	-0.049	-0.137
Australia	-0.110	-0.166	-0.021	0.417	0.177	-0.515
Europe	0.070	0.040	0.064	0.008	-0.404	-0.196
Height (cm)	-0.010***	-0.018	-0.004	-0.010	0.000	-0.009
Weight (lbs)	-0.001	0.003	0.003	0.007**	-0.003	0.005
Experience	-0.003	0.018	-0.027	-0.055**	-0.078	-0.037**
Age	0.008	-0.005	0.026	0.051**	0.057	0.042***
Constant	2.148***	3.244***	0.135	0.490	0.758	1.335
Sigma	0.250***	0.271***	0.276***	0.289***	0.307***	0.330***

Tab. 1.4: risultati della regressione con un troncamento ^[1]

Variable	Attacking		Defensive		Overall	
	Single output	Two outputs	Single output	Two outputs	Single output	Two outputs
Right-handed	-1.642	-0.333	6.030	-0.221	-1.800*	-0.731*
Continent of origin						
North America	0.761	0.847	3.423	0.010	-0.654	0.597
South America	0.801	0.764	4.573	-0.180	0.979	1.206
Australia	0.519	0.096	6.042	-0.274	-0.043	-0.296
Europe	1.151	0.444	9.887	-0.345	1.016	0.486
Height (cm)	-0.122*	-0.032*	-0.794	0.000	-0.183	-0.020
Weight (lbs)	0.050	0.002	0.269	0.019**	0.070	-0.002
Experience	0.538**	0.085	-0.276	-0.054	0.123	-0.069
Age	-0.533**	-0.075	-0.999	0.111	-0.128	0.063
Constant	25.071***	7.377***	119.544	-4.571	26.572**	4.253
Sigma	3.078***	0.757***	36.597***	1.056***	3.491***	1.225***

Tab. 1.5: risultati della regressione con due troncamenti ^[1]

^[1]***risultato significativo con un livello dell'1%

** risultato significativo con un livello del 5%

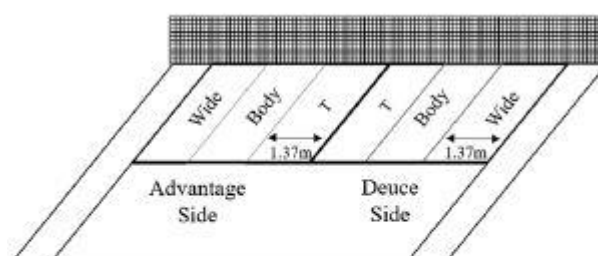
* risultato significativo con un livello del 10%

Un risultato interessante è la significatività dei valori associati all'essere destrimani dei quattro risultati di efficienza complessiva, sia ad un output che a due, anche se solo ad un livello di significatività del 10%. La motivazione potrebbe essere lo scarso numero di giocatori mancini nei tornei, il quale porterebbe i giocatori ad abituarsi a giocare contro giocatori generalmente destrimani. Nonostante ciò, lo stesso parametro non è significativo in nessuno dei quattro output riferiti all'attacco, e ciò entra in contrasto con l'opinione diffusa secondo cui il vantaggio principale di un giocatore mancino sia il servizio. In particolare, con un giocatore mancino, la curvatura naturale e l'angolo del servizio è verso il rovescio del ricevitore destro, e ciò rende più difficile per l'avversario colpire le risposte potenti. Roger Federer descrive il vantaggio ampiamente percepito di essere un battitore mancino come segue «I mancini ottengono sempre i break point sul loro lato preferito. Ciò rende difficile la risposta, soprattutto con un rovescio ad una sola mano. È difficile abituarsi facilmente ai servizi dei mancini» (Buddell 2012). Un'altra opinione diffusa riguarda il vantaggio di avere un'altezza sopra la media poiché essa permetterebbe di avere un servizio più veloce. Tuttavia, in tre dei quattro modelli relativi alla fase offensiva, l'altezza è una variabile negativamente significativa. Ciò è motivabile dal fatto che, nonostante l'altezza maggiore permetta effettivamente di avere un servizio più veloce, essa comporti anche degli svantaggi all'interno di una intera partita, come ad esempio la lentezza, a parità di condizioni, rispetto ad un avversario di altezza media. Infine, è possibile notare come nella Tabella 1.5 i risultati associati ad esperienza ed età siano entrambi significativi, ma rispettivamente positivo e negativo. Tale risultato potrebbe sembrare contraddittorio, tuttavia è giustificabile dal fatto che un giocatore con più esperienza è in grado di selezionare una strategia migliore per giocare un match contro un determinato avversario ma, allo stesso tempo, deve possedere le capacità fisiche adeguate per mettere in atto tale strategia, e l'età potrebbe compromettere fattori come la forma fisica o la coordinazione occhio-mano. Perciò, sulla base di questi risultati, si conclude che un giocatore dovrebbe diventare professionista in giovane età poiché ciò gli permetterebbe di acquisire maggiore esperienza quando è ancora relativamente giovane e in buone condizioni fisiche.

Uno studio simile, tuttavia più recente e focalizzato sul tennis femminile, è stato effettuato da Yixiong Cui, Miguel- Ángel Gómez, Bruno Gonçalves e Jaime Sampaio. Essi, nello studio “*Performance profiles of professional female tennis players in grand slams*” (2018), hanno analizzato le prestazioni delle giocatrici di tennis nei diversi tornei del Grande Slam al fine di modellare le relazioni tra le variabili di performance e la qualità relativa e costruire profili di prestazioni tipici delle tenniste.

Tale studio fonda le proprie basi su studi precedenti effettuati da O'Donoghue e Cullinane, i quali hanno messo in evidenza una nuova tecnica di indagine in grado di valutare e interpretare correttamente le prestazioni dei singoli tennisti tenendo conto di rivali di diversa forza. L'approccio considera principalmente la qualità relativa (RQ) di due tennisti che competono in una partita, utilizzando la loro classifica mondiale di 52 settimane, e poi fornisce i punteggi di valutazione percentuale (%ES) di ogni variabile di performance per interpretare come i giocatori si sono comportati quando hanno affrontato avversari diversi.

Le variabili prese in considerazione sono presentate nella Tabella 1.6 mentre nella Figura 1.1 è presente una schematizzazione del campo da tennis, in modo da poter comprendere al meglio le variabili contenute nella tabella. La battuta di un giocatore, infatti, può ricadere in varie sezioni del campo da gioco, classificate in base al lato (Advantage e Deuce) ed alla vicinanza alla linea centrale o a quelle laterali (Wide, Body e T).



The illustration of the service side (Advantage and Deuce) and service placement (Wide, Body and T)

Fig. 1.1: classificazione delle zone in cui può atterrare la pallina dopo una battuta^[2]

Variable	Operational Definition	Abbreviation
Serve Performance		
Aces of all serves	% of aces in total number of serves (ace is a successful serve that opponent fails to touch by her racquet)	Ace%
Service winners of all serves	% of service winners in total services (return winner is a serve that is touched by opponent with her racquet but not returned into the court)	SW/TS%
First Serve		
First serve in	% of first serves that were in play	1stIn%
First serve points won	% of points won when first serves were in play	1stW%
	in deuce side	1stDW%
	in advantage side	1stAdW%
	in Wide of the deuce side	1stDWide%
	in T of the deuce side	1stDT%
First serve points won	in Body of the deuce side	1stDBody%
	in Wide of the advantage side	1stAdWide%
	in T of the advantage side	1stAdT%
	in Body of the advantage side	1stAdBody%
Second Serve		
Second serve points won	% of points won when second serves were in play	2ndW%
Double Faults of second serves	% of double faults in total number of second serves	DF%
	in deuce side	2ndDW%
	in advantage side	2ndAdW%
	in Wide of the deuce side	2ndDWide%
	in T of the deuce side	2ndDT%
	in Body of the deuce side	2ndDBody%
	in Wide of the advantage side	2ndAdWide%
	in T of the advantage side	2ndAdT%
	in Body of the advantage side	2ndAdBody%
Return Performance		
Return points won of total returns	% of points won when returning serves	RW%
Returning first serves won	% of points won when returning first serves	R1stW%
Returning second serves won	% of points won when returning second serves	R2ndW%
Return winners of total returns	% of return winners in total serve returns (return winner is a serve that successful returned by returner into the court and the server does not hit the ball)	RWinner%
Return unforced errors of total returns	% of unforced errors in total serve returns (unforced error is when the player has time to prepare and position herself to get the ball back in play and makes an error)	RUE%
Net Performance		
Net points won	% of points won when player approached the net	NetW%
Net points won in total points won	% of net points won of total points won	Net/TW%
Break Performance		
Break points each return game	Number of break points had in every opponent's service game	Bpt/ReGame
Break points won	% of break points converted in opponent's service game	Bwon%
Break points saved	% of break points served in own service game	Bsaved%
Efficiency Performance		
Winner per unforced error ratio	Number of winners in every unforced error	Winner/UE
Dominance ratio	% of points won in opponent's serves / % of points lost in own serve	DR
Physical Performance		
Mean meters run per match	Mean distance covered in a match by individual player	Dist Total
Mean meters run per set	Mean distance covered in each set by individual player	Dist/Set
Mean meters run per point	Mean distance covered in each point by individual player	Dist/Pt

Tab. 1.6: variabili prese in considerazione^[2]

Per questo studio sono stati presi in considerazione 1369 match del Grande Slam del circuito WTA, nello specifico 499 partite dell'Australian Open (2014-2017), 249 partite del Roland Garros (2015-2016), 249 partite di Wimbledon (2015-2016) e 372 partite dello US Open (2014-2016). Le giocatrici osservate sono state 257 ed è stato preso in considerazione il loro ranking nell'arco di 52 settimane (con una variabilità dalla prima posizione alla 992esima).

Per determinare la qualità relativa (RQ) di ogni match giocato tra la giocatrice X e la giocatrice Y, è stata utilizzata la formula:

$$RQ = R_X - R_Y$$

Dove R_X e R_Y sono calcolati come

$$R_X = 8 - \log_2(\text{Rank}_x)$$

in cui R_X rappresenta il round del torneo che ci si aspetta la giocatrice raggiunga e Rank_x è la posizione nel ranking del giocatore X.

Per determinare la relazione tra RQ ed ognuna delle 37 variabili prese in considerazione, è stato calcolato il coefficiente di Pearson, un indice di correlazione che esprime un'eventuale relazione di linearità tra due variabili. L'entità della correlazione è stata interpretata come trascurabile ($0,0 \pm 0,1$), piccola ($0,1 \pm 0,3$), moderata ($0,3 \pm 0,5$), grande ($0,5 \pm 0,7$), molto grande ($0,7 \pm 0,9$) e quasi perfetta ($0,9 \pm 1,0$). Infine, i profili di performance tipici di tutti i giocatori sono stati stabiliti calcolando il percentage evaluation score (%ES) come segue: sono state costruite delle equazioni di regressione lineare delle variabili e delle RQ delle giocatrici al fine di determinare il valore atteso delle variabili prese in considerazione; in seguito è stato calcolato il valore residuo del valore atteso e del valore osservato, che ci permette di valutare quanto una giocatrice abbia performato meglio o peggio di quanto ci si sarebbe aspettato in un match contro una determinata rivale; dividendo, poi, il valore residuo per la deviazione standard, si ottiene un Z-score ed utilizzando la funzione di Excel "NORMSDIST" si otterrà l'evaluation score (%ES), il quale indicherà la percentuale di partite in cui ci si aspetta una variabile di performance minore di quella osservata considerando la qualità relativa (RQ) delle giocatrici in campo.

Le Tabelle 1.7 e 1.8, fornite in appendice, presentano rispettivamente il rendimento in battuta e alla risposta di tutte le giocatrici nei quattro tornei del Grande Slam. Le giocatrici prese in considerazioni hanno ottenuto più punti con il primo ed il secondo servizio nel torneo di Wimbledon, rispettivamente con delle medie di 66.78% e 46.44%, mentre hanno servito più ace e commesso più doppi falli negli Australian Open con delle medie di 4.84% e 13.40%. Si può, inoltre, notare che un numero maggiore di servizi vincenti è stato effettuato in tornei con campi duri

(Australian Open e US Open). Se si considerano, invece, le direzioni dei servizi, si può osservare come la maggior parte dei primi servizi vincenti siano atterrati nella zona T del deuce court e nella zona wide dell'advantage court, mentre i secondi servizi più efficaci siano atterrati nella zona body di entrambi i lati del campo. Per quanto riguarda, invece, le statistiche in risposta, si nota come al Roland Garros si siano avute la percentuale più alta di punti in risposta al primo servizio e di errori non forzati, con delle percentuali medie di 5.19% e 8.69% rispettivamente. L'efficacia del secondo servizio è, invece, simile nei quattro tornei. Per quanto riguarda le prestazioni sotto rete, la loro efficacia è risultata simile nei quattro tornei ma è risultata evidente una tendenza ad approcciare maggiormente la rete nel torneo di Wimbledon, con il 13.5% dei punti ottenuti. Nel Roland Garros, le giocatrici hanno vinto più break point con una media del 47,71%, mentre nel torneo di Wimbledon il 55,56% dei break point è stato annullato, un valore superiore al resto degli slam.

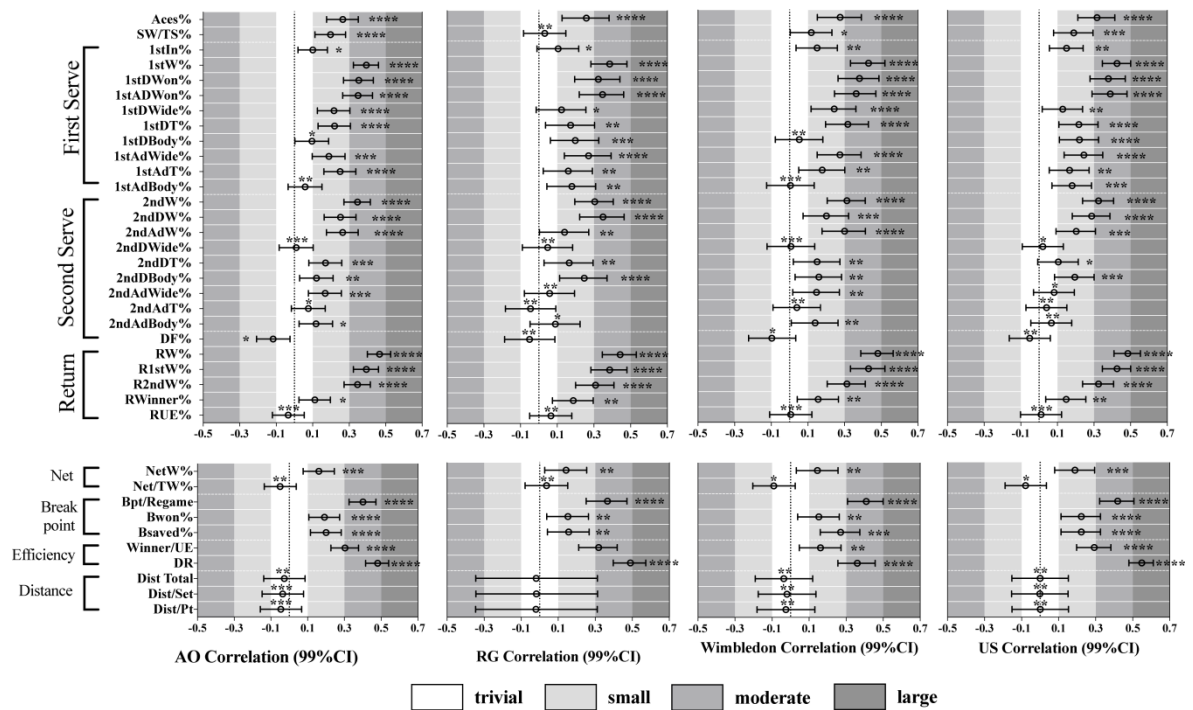


Fig. 1.2: correlazioni tra le variabili e la qualità relativa^[2]

Nella Figura 1.2 è mostrata l'entità delle correlazioni tra le variabili di performance e la qualità relativa (RQ) in ognuno dei tornei del Grande Slam, con un intervallo di confidenza al 99%. Di tutte le 37 variabili, la maggior parte di esse ha mostrato una

chiara relazione positiva o negativa con la RQ in tutti e quattro i tornei. Inoltre, all'interno dei quattro slam, alcune variabili differivano nella loro magnitudine di correlazione con RQ. Partendo dalla prestazione del servizio, il numero di ace ha mostrato una relazione da piccola a moderata con RQ in tutti gli slam. Nello specifico, per quanto riguarda il primo servizio, il primo servizio vincente (%), il primo servizio vincente in deuce (%) e in advantage (%) hanno avuto una correlazione moderata con RQ in tutti gli eventi. Solo a Wimbledon c'è una moderata correlazione tra i primi servizi efficaci atterrati in T del deuce court (%) e RQ. Per quanto riguarda il secondo servizio, invece, il secondo servizio vinto (%) è l'unico che ha avuto una moderata correlazione con RQ in tutti e quattro gli Slam, mentre una moderata correlazione è stata mostrata nel Roland Garros solo tra il secondo servizio vinto in deuce court (%) e RQ. I doppi falli (%) in Australian Open sono stati associati negativamente con RQ con una possibile piccola magnitudine.

Se consideriamo invece le performance in risposta, l'associazione positiva da moderata a grande tra il totale dei punti in risposta vinti (%) e RQ in tutti gli Slam è stata più forte di quella dei punti in risposta vinti al primo e al secondo servizio (%). La percentuale di net point vinti (%) in tutti gli slam è risultata correlata positivamente con la RQ con una piccola magnitudine.

L'opportunità di break point in risposta alla battuta (%) ha dimostrato una moderata correlazione positiva con RQ in tutti i tornei del Grande Slam. Una piccola correlazione positiva è stata mostrata tra i break point vinti (%), i break point salvati (%) e RQ.

Le 148 correlazioni (37 in ciascuno dei quattro tornei) sono state classificate in due gruppi in base alla loro entità. Nel gruppo delle correlazioni più forti, ci sono 14 variabili rispettivamente da Australian Open e Roland Garros e 15 variabili rispettivamente da Wimbledon e US Open. Pertanto, le variabili che hanno ottenuto correlazioni più forti con RQ in ognuno dei quattro tornei, sono state trattate separatamente per calcolare il punteggio di valutazione percentuale (%ES). La tabella 1.9 presenta l'analisi descrittiva di queste variabili e le qualità relative per i Top 10 classificati e Serena Williams nei quattro tornei. Nel frattempo, queste variabili sono state combinate insieme a quelle di tutti i giocatori mostrati nelle tabelle 1 e 2, per stabilire i profili di performance tipici dei giocatori.

La Tabella 1.9 (in appendice) e la Figura 1.3 presentano la media dei punteggi %ES per tutte le variabili selezionate (AO: 14, RG: 14, W: 15, US: 15).

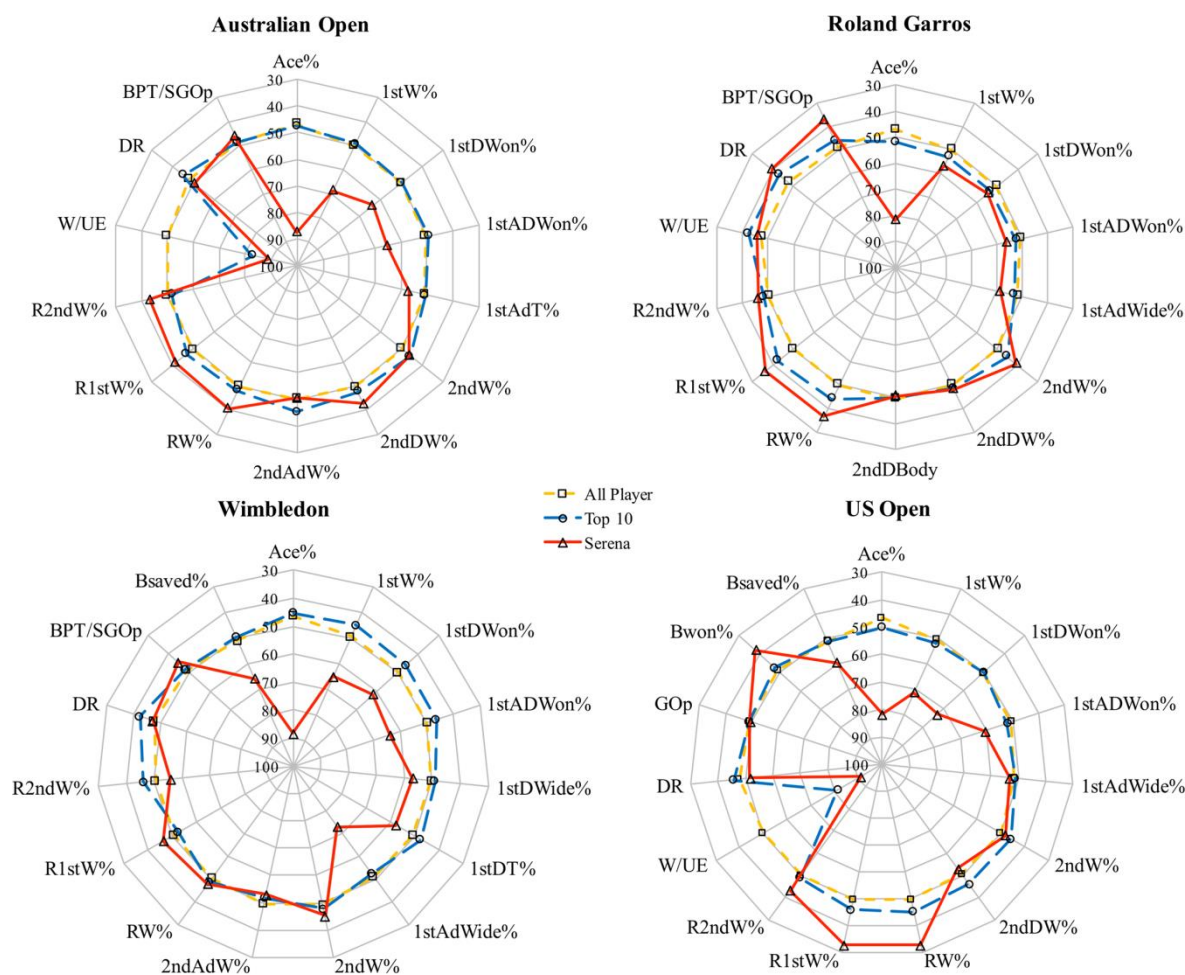


Fig. 1.3: rappresentazione dei punteggi %ES per tutte le giocatrici, per la Top 10 e Serena Williams^[2]

In tutti gli slam, Serena Williams ha mostrato una performance dominante nel servire più ace in rapporto ai servizi totali, considerando la qualità delle sue avversarie, mentre le giocatrici della Top-10 hanno avuto una performance simile alla media di tutte le giocatrici. In tutti gli slam è stata dimostrata una migliore performance nel suo rapporto di efficienza di colpi vincenti per errore non forzato, ad eccezione del Roland Garros, dove Serena Williams si è comportata in modo simile alle altre giocatrici. Per quanto riguarda i suoi rendimenti in risposta e al secondo servizio, è stata dimostrata un ES% peggiore o uguale alla media. Inoltre, i risultati hanno anche mostrato che Serena Williams ha avuto una performance più stabile nell'annullare più break point in tornei giocati su superfici veloci (Australian

Open, Wimbledon and US Open), rispetto a tornei con superfici lente (Roland Garros).

Questo studio mirava a valutare le prestazioni delle giocatrici nei quattro tornei del Grande Slam al fine di identificare la correlazione tra le variabili di performance delle partite e la RQ per valutare la performance delle giocatrici attraverso la regressione.

La maggior parte delle variabili ha mostrato una correlazione positiva con la qualità relativa, ma non con le caratteristiche fisiche, le quali si sono rivelate non influenzate dalla qualità degli avversari. Diverse entità di correlazione per ogni variabile del Grande Slam hanno suggerito l'effetto congiunto della superficie di gioco e della qualità degli avversari.

I risultati dell'attuale studio confermano che la localizzazione della partita ha avuto un'influenza sulle prestazioni delle giocatrici e sulle loro strategie nel torneo. Le ricerche precedenti hanno mostrato che la differenza di superficie del campo, dimensione del campo, velocità del campo, tipo di palla, temperatura e umidità potrebbero causare un adattamento soggettivo delle giocatrici ai campi da gioco, determinando così le loro diverse prestazioni. Tuttavia, ulteriori variabili come l'abrasione della superficie, l'altitudine del campo e la distanza tra il campo e il pubblico dovrebbero essere ulteriormente analizzate per determinare i possibili effetti e quantificarli.

L'efficacia del servizio e della risposta nei quattro tornei è stata ampiamente affrontata in studi precedenti e tali variabili sono state trattate come le due più importanti nella valutazione delle prestazioni nelle partite di tennis. Coerentemente con gli studi precedenti, i risultati hanno indicato che in tutti i tornei del Grande Slam le giocatrici hanno avuto una percentuale di efficacia del primo servizio pari al 60% ed hanno utilizzato strategie di servizio "fast-weak", ovvero erano più aggressive nella prima battuta, colpendo palle più piatte e veloci, e conservatrici nella seconda battuta, usando servizi più lenti. Di conseguenza, gli avversari hanno vinto meno punti quando hanno risposto al primo servizio e più punti quando hanno risposto al secondo servizio in tutti i tornei presi in considerazione. Tuttavia, va sottolineato che le giocatrici hanno avuto una percentuale più alta di risposte efficaci al primo servizio nel torneo del Roland Garros rispetto agli altri analizzati,

probabilmente a causa della minore velocità di superficie che permette al giocatore in risposta di avere più tempo per reagire. Ciò può, tuttavia, dipendere anche dal fatto che le giocatrici nel torneo del Roland Garros hanno mediamente ottenuto meno ace e servizi vincenti in generale, il che porta a dedurre che la strategia del servizio veloce non sarebbe conveniente come negli altri tornei. Si vede, inoltre, che negli Australian Open e US Open le giocatrici hanno commesso più doppi falli ed errori non forzati alla risposta. Ciò potrebbe indicare una preferenza in questi tornei per la strategia “fast-fast” al fine di utilizzare le proprietà del terreno di gioco più veloce, nonostante la maggiore possibilità di commettere dei doppi falli. La maggiore percentuale di errori non forzati in risposta può, invece, essere spiegata in duplice modo: (i) le giocatrici in risposta hanno tentato di mettere in difficoltà la battitrice già dalla prima risposta, anche a costo di commettere un errore, al fine di metterla sotto pressione qualora tale risposta si fosse rivelata efficace; (ii) la concentrazione delle giocatrici in campo è stata compromessa dall'alta temperatura e dall'umidità nel periodo di svolgimento degli Australian e US Open perché i due slam si svolgono in condizioni ambientali calde e l'effetto della fatica fisica, dell'ipoidratazione, dell'ipertermia (aumento della temperatura corporea), della durata imprevista della partita e dello stress psicologico che i giocatori percepiscono comprometterebbero congiuntamente le loro prestazioni.

Inoltre, i risultati della distribuzione spaziale delle battute hanno mostrato che nelle partite professionistiche femminili, le giocatrici hanno generalmente vinto più punti piazzando le prime battute nelle zone T e Wide, indipendentemente dal lato, deuce o advantage. Nonostante ciò, indirizzare il primo servizio nella zona Body potrebbe non sembrare una cattiva opzione nelle partite femminili, specialmente nel Roland Garros e negli US Open, tornei nei quali le giocatrici mediamente vincono il 58% dei punti dopo aver servito in tali zone. Per quanto riguarda il secondo servizio, il risultato dello studio concorda con Hizan et al. (2015) in quanto le giocatrici che hanno indirizzato il servizio nelle zone Body delle avversarie hanno vinto più punti, poiché questa strategia eviterebbe che il ricevitore riesca ad utilizzare il rovescio a due mani per rispondere.

Nella parte finale dello studio, sono stati costruiti i profili di performance tipici delle giocatrici della top-10 e di Serena Williams, utilizzando la %ES delle variabili del

gruppo con la correlazione maggiore. Le precedenti tecniche di profilazione sono state messe in discussione per non aver considerato gli effetti dell'avere come avversaria una giocatrice in particolare nell'atto di definire i profili di prestazione, e per questo motivo le prestazioni individuali possono a volte essere state sottovalutate. Pertanto, lo studio ha applicato l'approccio di O'Donoghue e Cullinane (2011) per descrivere le prestazioni dei giocatori in relazione alla loro forza. L'approccio è una tecnica di profilazione più adatta in quanto fornisce un punteggio di valutazione della performance del giocatore in base alla sua differenza di classifica con gli avversari. Un altro merito dell'approccio è l'utilizzo di una sola unità di misura percentuale, ovvero la %ES di variabili che originariamente erano diverse in unità, che permette una lettura più chiara delle variabili prese in considerazione anche nel processo di allenamento. Questo, infatti, evita la normalizzazione delle variabili di performance. Pertanto, da un punto di vista pratico, lo studio suggerisce che le %ES ottenute possono essere fornite insieme alle statistiche delle partite al fine di migliorare il processo di coaching e avere una migliore comprensione delle prestazioni delle giocatrici.

Gli studi appena analizzati hanno posto l'accento sull'importanza del servizio nel gioco del tennis, su quanto sia importante non perdere il proprio turno di servizio e cercare di ottenere un break quando la battuta spetta all'avversario. Gli studiosi australiani Rod Cross e Graham Pollard, nello studio *"Grand Slam men's singles tennis 1991-2009. Serve speeds and other related data"* (2009), hanno posto l'attenzione sulla variazione della velocità media dei servizi nei tornei del Grande Slam nel corso degli anni e su alcune variabili ad essa correlate, come il numero di ace e di doppi falli. Hanno inoltre analizzato la variazione del numero di tie-break e il numero di game per ogni set.

Lo studio dimostra quanto il tipo di superficie possa influenzare la velocità del servizio. Nel caso, infatti, di un torneo su un terreno veloce come Wimbledon, il tennista sarà portato a forzare la battuta per sfruttare le caratteristiche del campo, mentre su un terreno come la terra rossa del Roland Garros il giocatore sarà portato ad utilizzare strategie differenti. La figura 1.4 mostra come negli anni che vanno dal 1999 al 2009 ci sia stata una crescita delle velocità, sia al primo che al secondo servizio, per tutti i tornei del Grande Slam (tranne che per il secondo servizio a

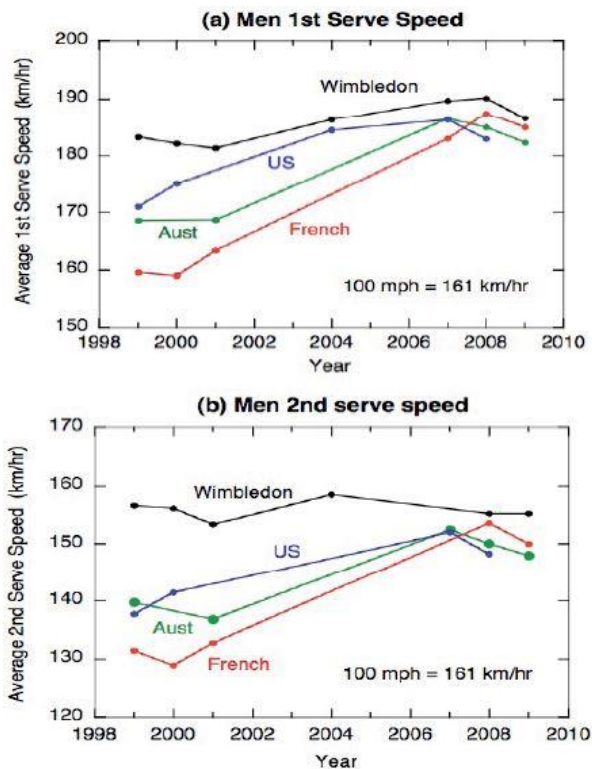


Fig. 1.4: velocità del servizio nei tornei del Grande Slam^[3]

più o meno alla stessa velocità in tutti e quattro gli eventi, alcuni con una velocità media di primo servizio superiore a 200 km/ora. La Figura 1.5 mostra la correlazione tra l'altezza di un giocatore e la velocità del suo servizio nel torneo di Wimbledon

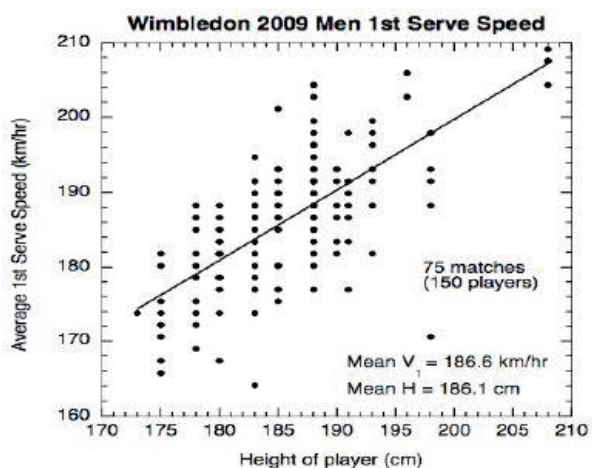


Fig. 1.5: correlazione velocità-altezza^[3]

del 2009. Dal grafico si evince come esista una proporzionalità diretta tra le due variabili e che, curiosamente, la velocità media del primo servizio per un determinato giocatore, in km/ora, è vicina al valore numerico dell'altezza del giocatore in cm.

La Figura 1.6 mostra, invece, il numero totale di ace serviti in tutte le 127 partite di ogni evento nel periodo dal 1991 al 2009. Ogni anno si giocano circa 28.000 punti in ogni torneo, quindi un totale di 2.000 ace in ogni evento corrisponde mediamente ad un ace in ogni 14 punti. In alternativa, considerando che circa 17.000 sono il risultato del primo

Wimbledon). La variazione maggiore è riscontrabile con l'aumento della velocità media del primo e del secondo servizio all'Open di Francia nel periodo dal 2000 al 2009. Intorno al 2000, infatti, si è raggiunto il punto più basso per quanto riguarda la velocità, in quanto la maggior parte dei giocatori degli Open di Francia ha sacrificato la velocità al servizio per tentare applicare una maggiore quantità di topspin alla palla (ovvero una rotazione dall'alto verso il basso che le fa acquisire velocità dopo aver toccato il terreno).

Dal 2006 circa, tutti i giocatori servono

più o meno alla stessa velocità in tutti e quattro gli eventi, alcuni con una velocità media di primo servizio superiore a 200 km/ora. La Figura 1.5 mostra la correlazione tra l'altezza di un giocatore e la velocità del suo servizio nel torneo di Wimbledon

del 2009. Dal grafico si evince come esista una proporzionalità diretta tra le due variabili e che, curiosamente, la velocità media del primo servizio per un determinato giocatore, in km/ora, è vicina al valore numerico dell'altezza del giocatore in cm.

La Figura 1.6 mostra, invece, il numero totale di ace serviti in tutte le 127 partite di ogni evento nel periodo dal 1991 al 2009. Ogni anno si giocano circa 28.000 punti in ogni torneo, quindi un totale di 2.000 ace in ogni evento corrisponde mediamente ad un ace in ogni 14 punti. In alternativa, considerando che circa 17.000 sono il risultato del primo

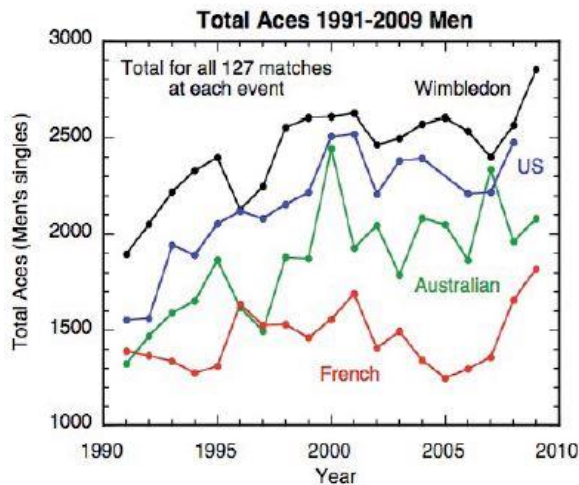


Fig. 1.6: andamento del numero di ace negli anni^[3]

L'aumento del numero di ace agli Open di Francia dal 2005 può essere attribuito all'aumento della velocità di battuta in quel determinato periodo, tuttavia il loro numero è rimasto ancora ben al di sotto rispetto a Wimbledon. Dato, però, che la velocità di battuta in questi due tornei è stata all'incirca la stessa nel 2008 e nel 2009, è chiaro che la velocità della superficie di gioco ha un forte impatto sul numero di ace serviti, infatti il numero di ace può essere interpretato come una indicazione della velocità del campo. Da questo punto di vista, la superficie degli Australian Open è più lenta della superficie degli US Open, che attualmente è veloce quasi quanto i campi in erba di Wimbledon. Le fluttuazioni relativamente grandi del numero di ace ogni anno all'Australian Open possono riflettere le differenze nella velocità del campo, causate dal fatto che i campi vengono ricoperti ogni anno da una nuova mano di vernice acrilica mescolata con fini particelle abrasive. La velocità

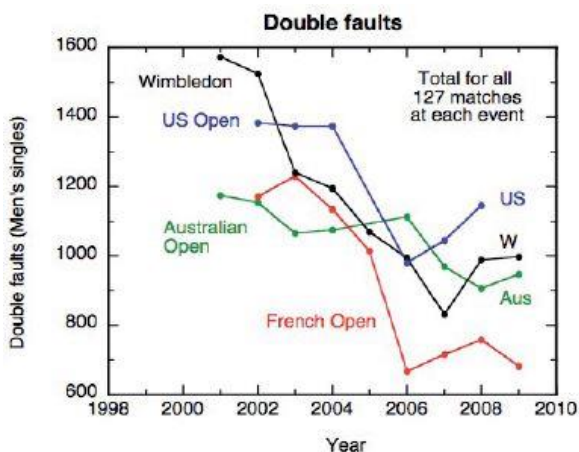


Fig.1.7: andamento dei doppi falli negli anni^[3]

del campo può quindi essere “regolata” scegliendo specifici abrasivi. Il numero totale dei doppi falli, sommati in 127 partite per ogni torneo, è mostrato nella Figura 1.7. La diminuzione nel corso degli anni è notevole, e presumibilmente indica che i giocatori hanno migliorato la loro capacità di servire con maggiore precisione. Infatti servizio, si può concludere che circa un primo servizio su otto, in media, corrisponde ad un ace. Tuttavia, la percentuale di prime battute buone che si traduce in un ace può essere abbastanza variabile per ogni giocatore, da una partita all'altra. Gli ace sono più comuni a Wimbledon e meno comuni negli Open di Francia, a causa della diversa velocità delle superfici di gioco.

del campo può quindi essere “regolata” scegliendo specifici abrasivi.

Il numero totale dei doppi falli, sommati in 127 partite per ogni torneo, è mostrato nella Figura 1.7. La diminuzione nel corso degli anni è notevole, e presumibilmente indica che i giocatori hanno migliorato la loro capacità di servire con maggiore precisione. Infatti

al giorno d'oggi è molto comune che i migliori giocatori servano molti più ace di quanti doppi falli commettano.

La parte finale dello studio si focalizza sull'evoluzione del numero di tie-break all'interno degli incontri. Un set che raggiunge un punteggio di 6-6 indica in genere che i giocatori si sono abbastanza equivalsi. La percentuale di set di singoli maschili che raggiunge il 6-6 in ogni evento del Grande Slam è mostrata nella Figura 1.8 per il periodo 1995-2009. La percentuale è più alta a Wimbledon, conseguenza del fatto che è più difficile per un giocatore rompere il servizio di un avversario quando gioca su un campo veloce.

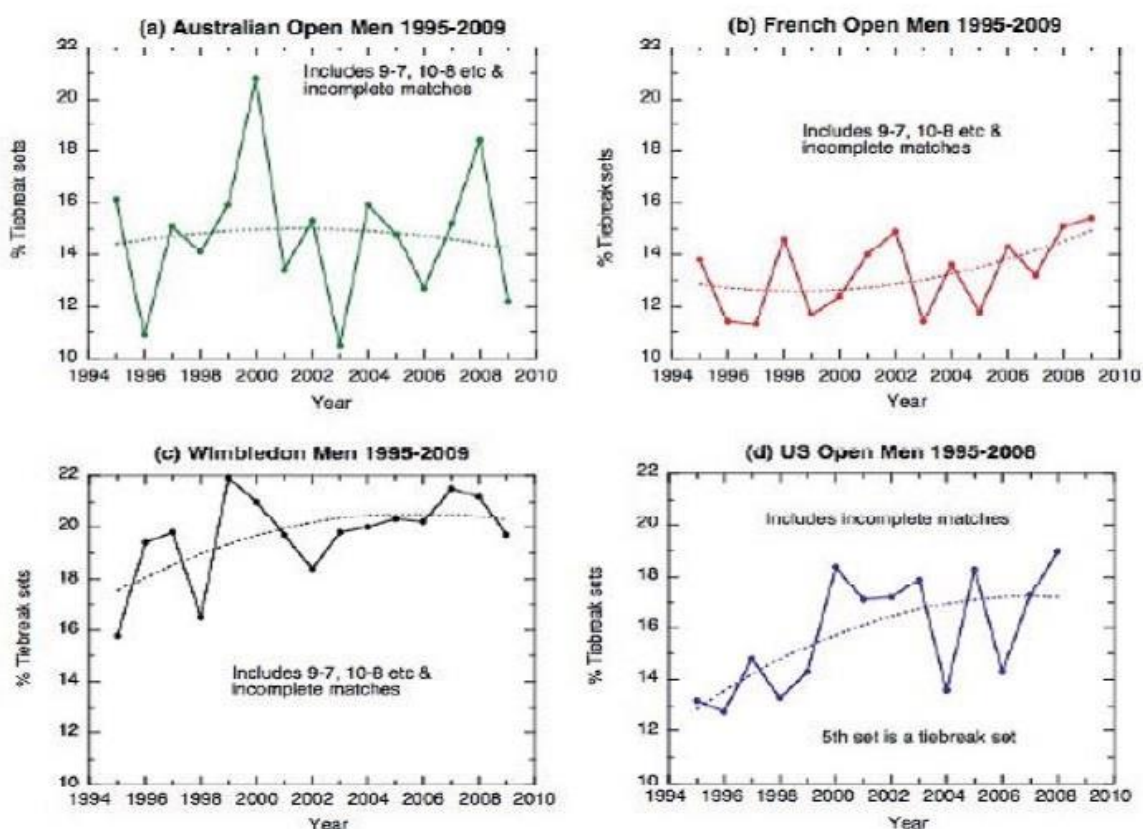


Fig. 1.8: andamento del numero di tie-break negli anni^[3]

La International Tennis Federation ha analizzato i risultati di 55.000 set per gli uomini, dal 1968 al 1998, e ha trovato un graduale aumento del numero di set arrivati al tiebreak nell'arco di tempo analizzato. Si è concluso che nel corso del tempo si è assistito ad un crescente predominio del servizio su tutte le superfici di

gioco e che la natura del gioco è cambiata in modo significativo rispetto alla vecchia era delle racchette in legno. Dal 2000, la percentuale di set che ha raggiunto i 6-6 è rimasta relativamente stabile, ad eccezione di un graduale aumento all'Open di Francia. Quest'ultimo aumento è presumibilmente dovuto all'aumento della velocità di battuta agli Open di Francia in quel periodo. Molti set finiti 6-6 si verificano perché ogni giocatore vince sei turni di servizio di fila, mentre in altre situazioni i tie-break sono frutto di uno stesso numero di turni di servizio persi da entrambi i giocatori. A Wimbledon circa il 75% dei tie-break si verifica perché nessuno dei due giocatori perde il servizio. Negli Australian, French e US Open, circa la metà di tutti i tie-break sono dovuti al fatto che i giocatori hanno perso il turno di servizio un numero uguale di volte.

La Figura 1.9 mostra, per le partite di singolo maschile nel periodo 2001-2009, il numero di game per set e il numero di punti per game, determinato dal numero totale di set, game e punti giocati in tutte le 127 partite di ogni evento.

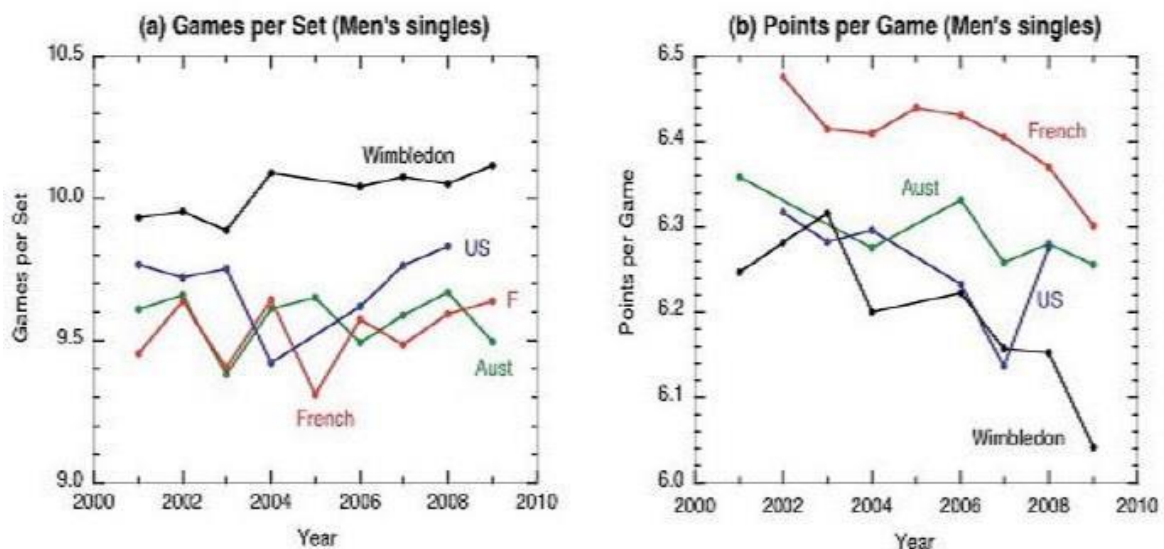


Fig. 1.9: numero di game per set e punti per game negli anni^[3]

Dato che è più difficile servire il break a Wimbledon, il numero medio di game in un set è più alto nel torneo inglese che negli altri eventi, mentre il numero medio di punti in un game è inferiore. Il numero di game per set è rimasto relativamente costante per ogni evento nel periodo analizzato, ma il numero di punti per game è diminuito di circa il 3%.

Il numero medio di set in una partita varia da 3,55 a 3,85 in tutti e quattro gli eventi, senza chiare differenze tra gli eventi e senza chiare tendenze nel corso degli anni. In ogni evento ci sono tipicamente 60-70 partite con tre set, 30-40 partite con quattro set e 20-28 partite con cinque set. Il numero di set in una partita sembra dipendere più dal caso dovuto al sorteggio che dalla superficie del campo.

L'analisi dei dati delle partite di singolo maschile ai quattro tornei del Grande Slam dimostra che la natura del gioco del tennis è in continua evoluzione. Le velocità di battuta sono ora più alte di quanto non lo siano mai state e il numero di ace, di conseguenza, continua ad aumentare. Il numero di doppi falli è notevolmente diminuito negli ultimi dieci anni. Il numero di tiebreak è maggiore sui campi in erba di Wimbledon, ma è rimasto relativamente costante negli ultimi dieci anni, ad eccezione di un graduale aumento al Roland Garros. Allo stesso modo, il numero di game per set rimane il più alto a Wimbledon, a causa della superficie di campo più veloce, ma è rimasto relativamente costante in ogni torneo negli ultimi dieci anni.

I MIGLIORI

Nello studio delle prestazioni all-time di qualunque sport è sempre stato necessario fare i conti con una domanda tanto semplice quanto fondamentale: come posso confrontare in maniera efficace degli atleti appartenenti a periodi storici completamente diversi e che, con ogni probabilità, non si sono mai scontrati? Tale domanda scaturisce dal fatto che il ranking ATP di un determinato giocatore dipende dalle prestazioni del giocatore in questione nelle 52 settimane precedenti per cui, stando così le cose, sembrerebbe impossibile trovare un modo per confrontare le prestazioni di due tennisti appartenenti ad epoche differenti. Per trovare una soluzione a questo dilemma, si è deciso in tempi moderni di adattare al mondo dello sport la SNA, ovvero l'analisi delle reti sociali (dall'inglese "*social network analysis*"), una metodologia di analisi nata per essere utilizzata nelle scienze sociali e nella sociometria, al fine di analizzare le relazioni interpersonali. Nello specifico un social network è definito da un insieme di persone (chiamate anche "attori") e dalle interazioni che intercorrono tra di loro (Wasserman and Faust, 1994).

Il primo ad applicare tale metodologia nel mondo del tennis è stato Filippo Radicchi nello studio "*Who Is the Best Player Ever? A Complex Network Analysis of the History of Professional Tennis*" (2011), nel quale immagina che ogni giocatore appartenente al network possieda una determinata quantità di "prestigio" o "bravura" e che tale quantità scorra all'interno del grafico attraverso i collegamenti che uniscono i vari nodi. Per ogni partita giocata, il prestigio fluisce dal giocatore che ha perso la partita al giocatore che l'ha vinta. I dati utilizzati all'interno dello studio di Radicchi sono stati tutti i match giocati dai tennisti professionisti nei tornei del Grande Slam e ATP World Tour dal 1968 al 2010. La grande mole di dati a disposizione ha permesso di creare un grafo nel quale in caso di vittoria del tennista i sul tennista j fosse rappresentata una freccia da j ad i con un peso w_{ji} pari al numero di volte in cui il giocatore j è stato sconfitto dal giocatore i .

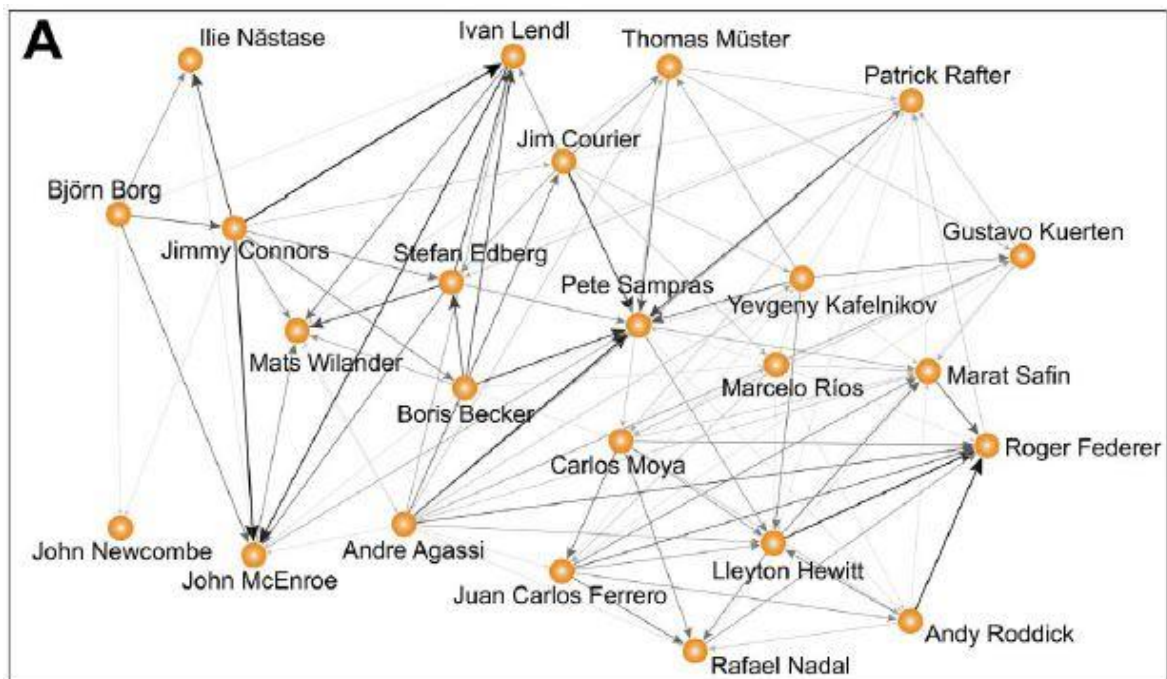


Fig. 2.1: grafo che mostra solo i giocatori che sono stati al primo posto del ranking ATP^[4]

La Figura 2.1 rappresenta un grafo semplificato al cui interno sono presenti solo i giocatori che nei 42 anni presi in considerazione dallo studio hanno ricoperto il primo posto nel ranking ATP. È da sottolineare che tale modello è strutturato in maniera analoga al PageRank score, ovvero l'algoritmo utilizzato da Google per ordinare le pagine web in base alla coerenza con l'argomento cercato. Nello specifico *“La finalità del PageRank è misurare l'importanza di un documento in rapporto al set di documenti dove è incluso. L'algoritmo può essere applicato a qualsiasi collezione di entità con reciproci collegamenti e referenze. Detto più semplicemente, il PageRank è un algoritmo che misura il valore di una pagina web in base ai collegamenti che riceve dal sito di appartenenza e da altri siti web esterni”* (www.evemilano.com/pagerank/).

Rank	Player	Country	Hand	Start	End
1	Jimmy Connors	United States	L	1970	1996
2	Ivan Lendl	United States	R	1978	1994
3	John McEnroe	United States	L	1976	1994
4	Guillermo Vilas	Argentina	L	1969	1992
5	Andre Agassi	United States	R	1986	2006
6	Stefan Edberg	Sweden	R	1982	1996
7	Roger Federer	Switzerland	R	1998	2010
8	Pete Sampras	United States	R	1988	2002
9	Ilie Năstase	Romania	R	1968	1985
10	Björn Borg	Sweden	R	1971	1993
11	Boris Becker	Germany	R	1983	1999
12	Arthur Ashe	United States	R	1968	1979
13	Brian Gottfried	United States	R	1970	1984
14	Stan Smith	United States	R	1968	1985
15	Manuel Orantes	Spain	L	1968	1984
16	Michael Chang	United States	R	1987	2003
17	Roscoe Tanner	United States	L	1969	1985
18	Eddie Dibbs	United States	R	1971	1984
19	Harold Solomon	United States	R	1971	1991
20	Tom Okker	Netherlands	R	1968	1981
21	Mats Wilander	Sweden	R	1980	1996
22	Goran Ivanišević	Croatia	L	1988	2004
23	Vitas Gerulaitis	United States	R	1971	1986
24	Rafael Nadal	Spain	L	2002	2010
25	Raúl Ramírez	Mexico	R	1970	1983
26	John Newcombe	Australia	R	1968	1981
27	Ken Rosewall	Australia	R	1968	1980
28	Yevgeny Kafelnikov	Russian Federation	R	1992	2003
29	Andy Roddick	United States	R	2000	2010
30	Thomas Muster	Austria	L	1984	1999

Fig. 2.2: risultato del modello^[4]

dello studio. Nel ranking realizzato dal modello, infatti, Nadal è alla posizione numero 24 del ranking, e ciò è dovuto alla sua quarantesima posizione nella classifica delle vittorie ottenute in carriera a causa della giovane età. Un discorso simile può essere fatto anche per Björn Borg, la cui carriera è stata molto più corta della media. Ciò dimostra quanto il punteggio della variabile “prestigio” sia influenzato dal numero di vittorie ottenute in carriera: per tale motivo si può concludere che i giocatori ancora in attività, i quali hanno ancora molte partite da giocare, ed eventualmente vincere, siano penalizzati da questo modello. Infatti nella figura (b), che mostra la correlazione tra i risultati del modello in funzione delle partite giocate nel solo anno 2009, Nadal, che era un outlier nella figura precedente, risulta molto vicino alla retta di regressione.

Nella Figura 2.2 è riportato il ranking finale costruito sulla base dell'intero dataset. Come miglior giocatore nella storia del tennis è stato individuato Jimmy Connors, il quale è stato uno dei tennisti più longevi di sempre, rimasto per sedici anni consecutivi nella Top-10 della classifica ATP. Le Figure 2.3 (a) e (b), mostrano invece uno dei maggiori limiti di questo modello, ovvero che i giocatori ancora in attività siano penalizzati. La figura (a) mostra la relazione che intercorre per ogni tennista tra il ranking valutato dal modello e il numero di vittorie ottenute in carriera. Uno dei risultati più distorti è stato quello relativo a Rafael Nadal, numero uno della classifica ATP ai tempi

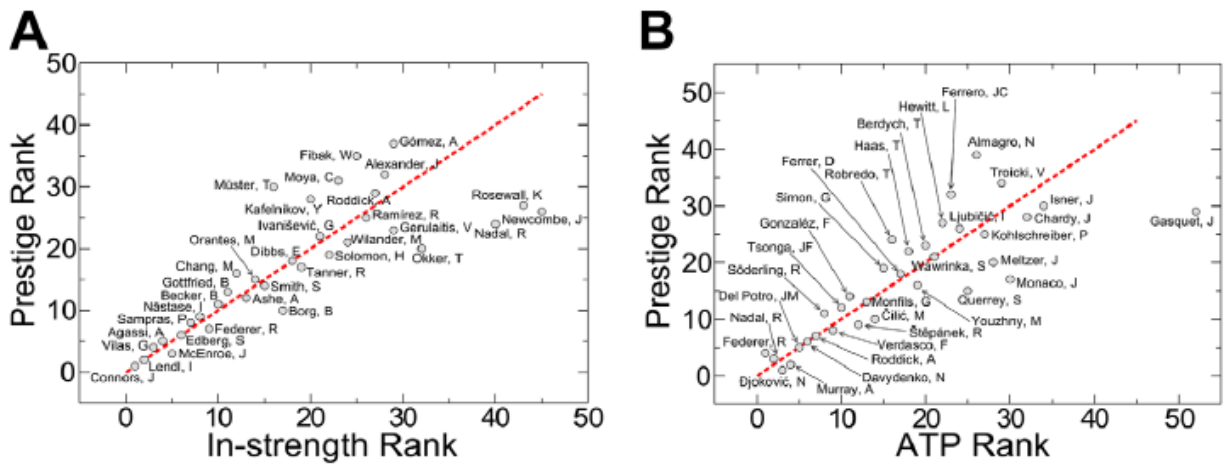


Fig. 2.3: relazione tra il prestigio e (a) il numero di vittorie e (b) i soli match del 2009^[4]

Un perfezionamento dello studio di Radicchi è stato operato da Sándor Bozóki, László Csató e József Temesi con lo studio “An application of incomplete pairwise comparison matrices for ranking top tennis players” (2015). Tale studio arriva alla costruzione del grafo dopo aver creato una matrice di confronti tra i vari tennisti, ovvero utilizzando la comparazione a coppie. Il fine di questo studio è il medesimo del precedente: confrontare tennisti appartenenti ad epoche storiche differenti allo scopo di stabilire quale sia il più forte di sempre. Gli atleti presi in considerazione sono 25 e sono coloro i quali hanno occupato la prima posizione del ranking ATP dal 1973 (Figura 2.4).

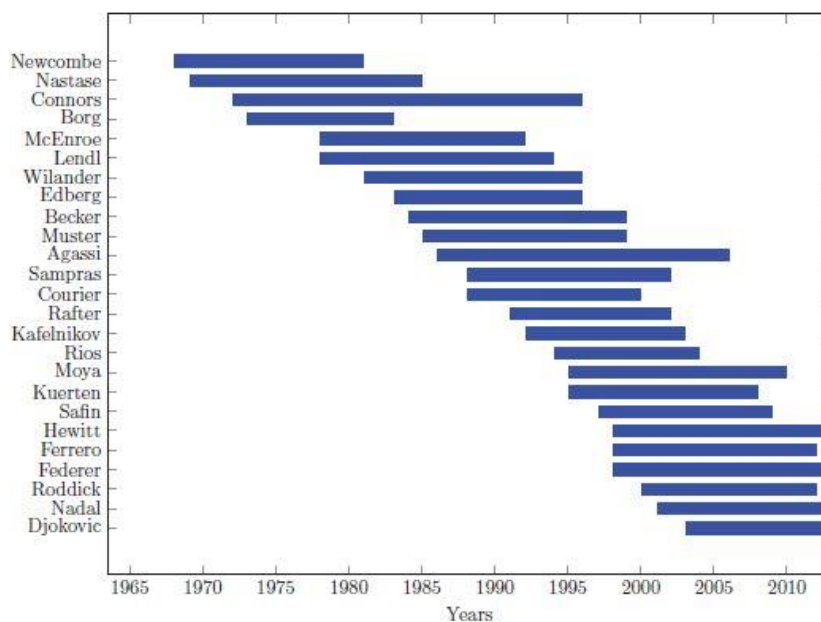


Fig. 2.4: tennisti presi in considerazione nello studio^[5]

La matrice costruita prevede, per ogni coppia di tennisti i,j , di inserire il rapporto tra il numero di vittorie che il tennista i ha riportato sul tennista j e il numero totale di partite disputate tra i due tennisti. La matrice risultante ha, ovviamente, il valore 1 su tutta la diagonale principale e i valori associati alle coppie i,j e j,i sono i complementi a uno l'una dell'altra. La matrice finale (Tabella 2.1, in appendice) risulta, chiaramente, incompleta, poiché non tutti i tennisti hanno avuto modo di affrontarsi. Un problema ulteriore è stato che alcune coppie di tennisti hanno avuto più di trenta incontri l'uno contro l'altro (es. Connors-Lendl), altre coppie ne hanno avuto a malapena uno (es. Borg-Wilander). È stato, perciò, necessario bilanciare questo tipo di valori a causa del diverso impatto che rapporti con denominatori così differenti tra loro avrebbero potuto avere sui risultati dello studio. Per fare ciò, si è deciso di operare, per ogni valore, la seguente trasformazione:

$$t_{ij} = p_{ij}^{z_{ij}/\max z_{ij}}$$

$P_{i,j}$ è il rapporto tra il numero di vittorie ottenute dal tennista i sul tennista j e il numero di partite disputate tra i due, mentre all'esponente è presente il rapporto tra il numero di partite disputate tra i due tennisti e il numero massimo di partite disputate tra tutte le coppie di tennisti (nello specifico $\max z_{i,j}$ equivale a 39, ovvero il numero di match disputati tra Djokovic e Nadal).

Nella Figura 2.5 è mostrato il grafo finale, che nello specifico evidenzia le prestazioni di Andre Agassi. All'interno del grafo sono collegati ad Agassi con una freccia tutti i giocatori che hanno giocato almeno una partita contro di lui (Agassi è, peraltro, il giocatore nello studio ad aver affrontato più avversari, 20 dei 24 disponibili). Le frecce che vanno da Agassi verso un avversario (es. Roddick) indicano che Agassi ha ottenuto più vittorie che sconfitte contro quel determinato avversario. Se invece le frecce vanno da un avversario (es. Lendl) verso Agassi, significa che Agassi ha ottenuto più sconfitte che vittorie. I 20 collegamenti di Agassi, uniti ad altri quattro collegamenti (Nadal-Djokovic, Newcombe-Nastase, Nastase-Connors e Connors-Borg) permettono di avere un grafo in cui tutti i nodi sono in qualche modo collegati agli altri. Da ciò è stato possibile creare il vettore dei pesi di ogni singolo giocatore al fine di stilare il ranking secondo il modello in questione, calcolato con il

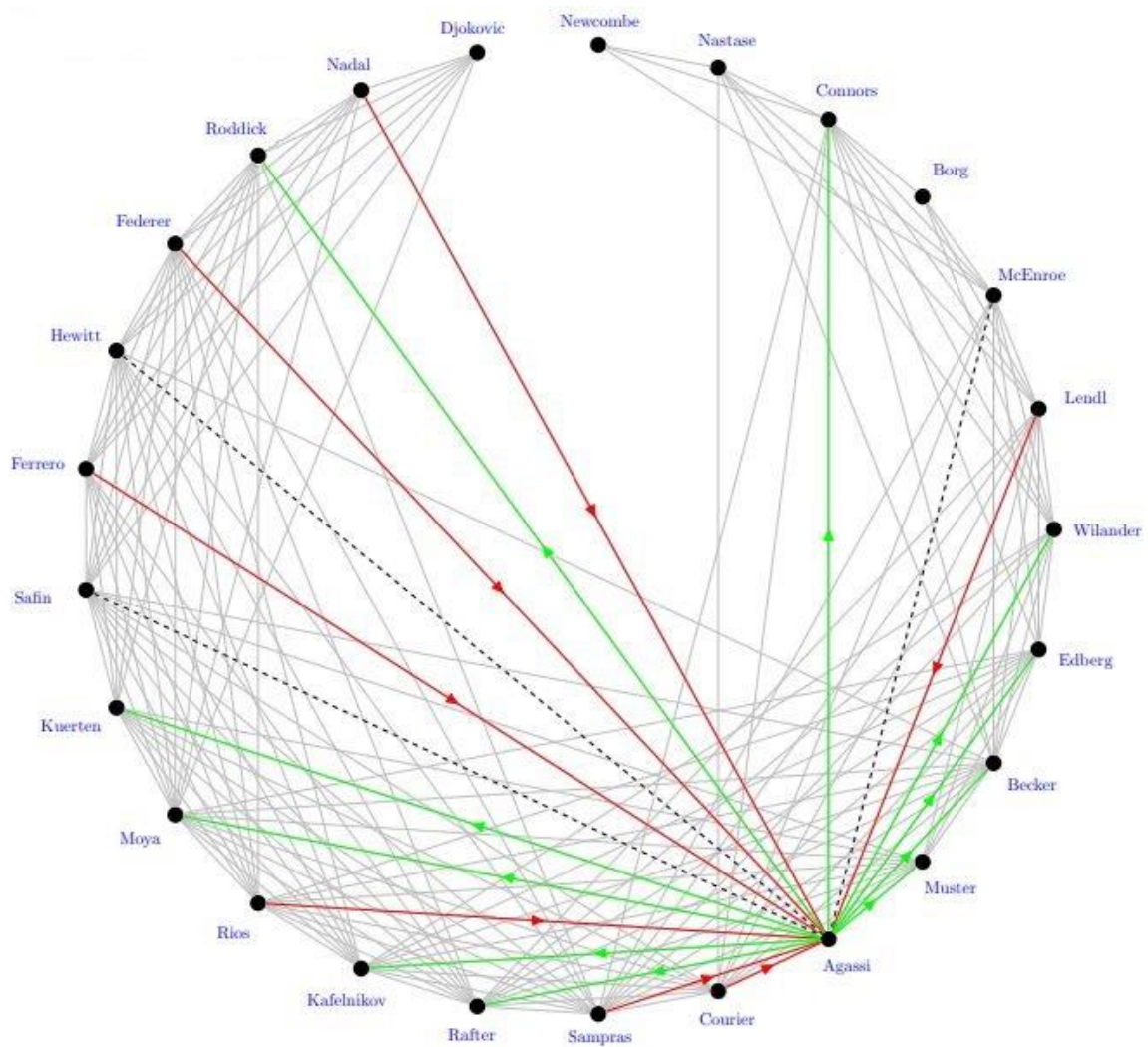


Fig. 2.5: grafo risultante dalla matrice (con focalizzazione su Agassi) ^[5]

metodo dei minimi quadrati (LLSM) e con il metodo dell'autovettore (EM), entrambi sia operando che non operando la trasformazione (nella Figura 2.6 i ranking su cui è stata operata la trasformazione sono contrassegnati con "w"). È stato inoltre calcolato il ranking sulla semplice base del rapporto tra vittorie e sconfitte in carriera. Si può notare come, in tutti i ranking calcolati, i primi tre giocatori (Nada, Federer, Sampras) e gli ultimi tre (Courier, Muster, Connors) siano gli stessi. Questo studio ha avuto, quindi, successo dove lo studio precedente aveva fallito: far sì che nel ranking comparissero equamente giocatori appartenenti a generazioni precedenti e giocatori ancora in attività: infatti la Top 12 nel ranking contiene nomi come Sampras, Lendl e Borg, ma anche Nadal, Federer e Djokovic.

	EM_2	$LLSM_2$	EM_{W2}	$LLSM_{W2}$	W / L
Nadal	1	1	1	1	2
Federer	2	2	2	2	3
Sampras	3	3	3	3	1
Lendl	11	8	4	4	6
Borg	13	11	6	5	4
Becker	4	4	5	6	5
Djokovic	5	5	7	7	10
Agassi	9	9	8	8	7
Hewitt	6	7	9	9	9
Kuerten	16	15	10	10	8
Safin	12	10	11	11	15
McEnroe	20	18	12	12	11
Nastase	22	20	14	13	13
Ferrero	17	16	16	14	20
Roddick	8	6	13	15	18
Wilander	15	14	17	16	16
Rios	21	22	18	17	22
Rafter	7	13	15	18	19
Newcombe	23	21	21	19	14
Kafelnikov	14	17	19	20	17
Moya	19	19	22	21	23
Edberg	10	12	20	22	12
Courier	18	23	23	23	21
Muster	24	24	24	24	25
Connors	25	25	25	25	24

Fig. 2.6: ranking finale^[5]

situazioni in cui il tennista A batte il tennista B, il tennista B batte il tennista C e il tennista C batte il tennista A. Nello studio appena analizzato, ad esempio, sono state trovate 50 triadi.

Sulla falsa riga dei due studi appena presentati, ovvero sempre attraverso la social network analysis, nel 2015 Kristijan Breznik ha deciso di applicare tale metodologia di analisi allo studio del doppio, per determinare quale fosse la coppia di tennisti più forte di sempre nelle partite in doppio. In *“Revealing the best doubles teams and players in tennis history”* Breznik valuta non solo la miglior coppia di giocatori, ma anche il miglior giocatore di doppio. Analogamente agli studi precedenti, il grande problema è valutare giocatori appartenenti ad epoche diverse: infatti, dalla Figura 2.7 è possibile notare come le coppie di tennisti più vincenti siano distribuite su un arco temporale molto lungo. I dati utilizzati per l’analisi sono stati ottenuti dal sito ufficiale ATP e comprendono 58.365 squadre di doppio maschile che hanno giocato 128.195 partite, nel periodo dal 1968 alla fine del 2014. Nello specifico sono stati trovati 10.717 tennisti professionisti di sesso maschile che, negli anni considerati, hanno giocato almeno un torneo di doppio. L’analisi è stata, tuttavia, limitata solo alle partite giocate nei tornei Grand Slams e ATP World Tour.

Anche la metodologia applicata in questo studio presenta, tuttavia, dei limiti. Primo fra tutti l’incompletezza della matrice: per far sì che la soluzione sia robusta è, infatti, fondamentale che la densità della matrice sia la più alta possibile, tenendo conto che il valore massimo è l’unità. Nel caso appena analizzato, tenendo conto che la matrice è 25 x 25, la densità è pari a $341/625$ cioè circa 0.5456. Un altro problema potrebbe essere causato dalle

inconsistenze, ovvero dalla presenza di triadi (o più in generale ennadi), perciò

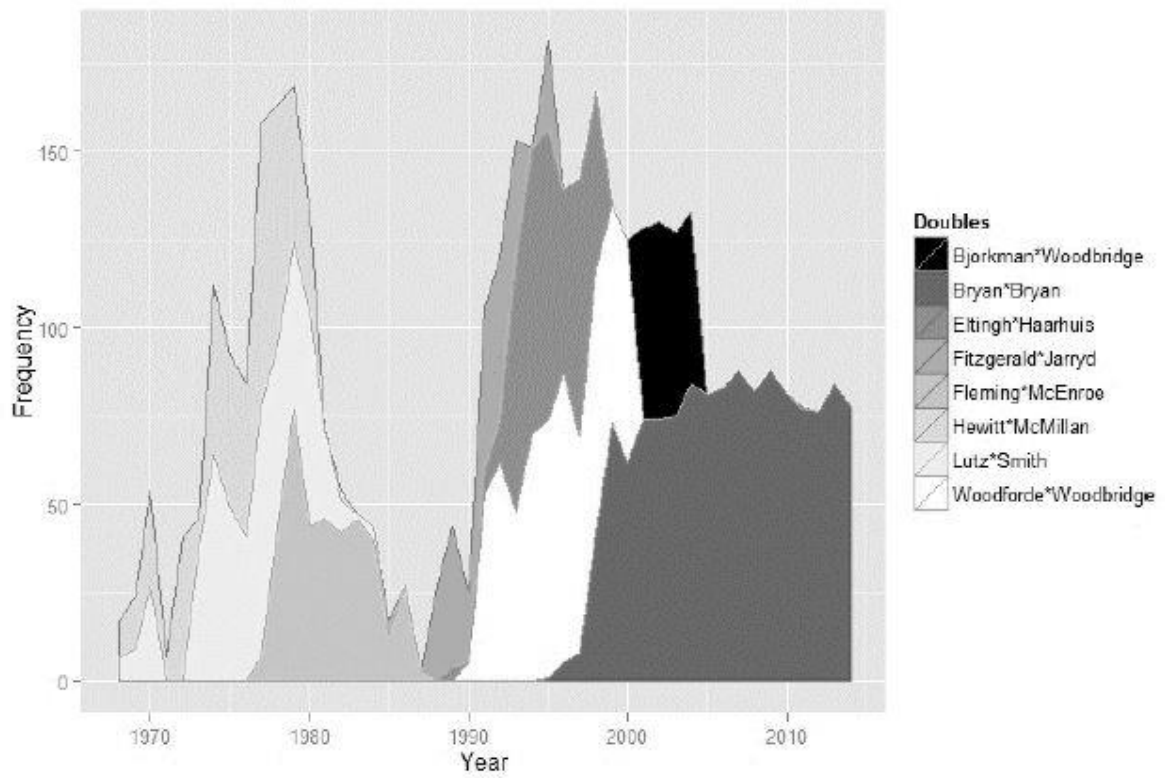


Fig. 2.7: distribuzione temporale dei match giocati dalle migliori otto squadre di doppio (secondo il numero di titoli vinti nei tornei del Grande Slam)^[6]

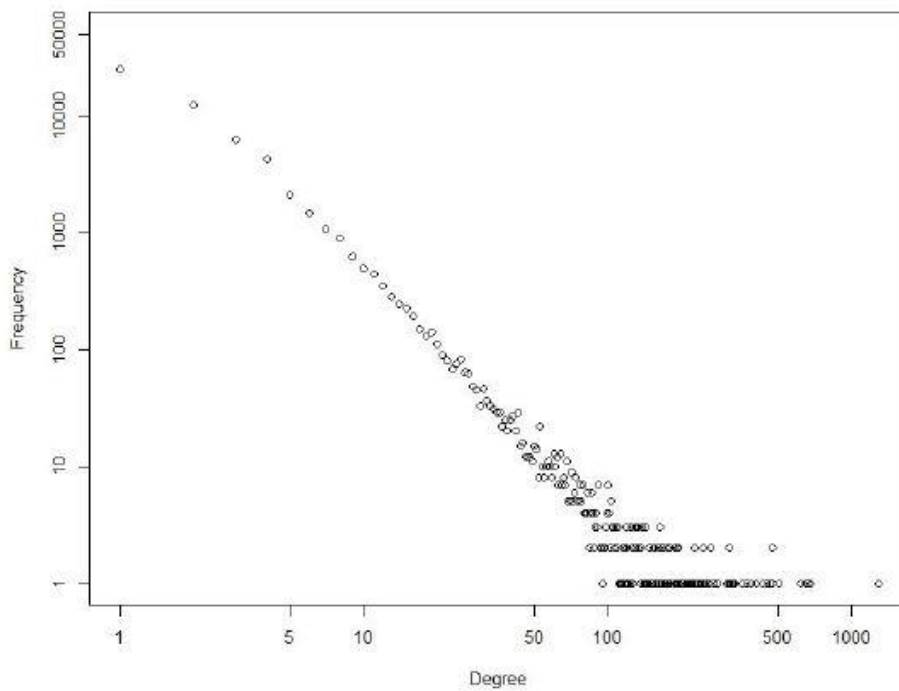


Fig. 2.8: distribuzione delle partite giocate in una scala log-log^[6]

L'idea è sempre quella di costruire un grafo che colleghi le varie coppie di giocatori alle coppie avversarie in base agli incontri avuti. Per rendersi conto degli ordini di grandezza di cui si parla, è stato costruito il grafico in Figura 2.8, il quale mostra sull'asse delle ascisse il numero di incontri effettuati da una singola coppia e sulle ordinate il numero di coppie che hanno giocato un determinato numero di partite. Dal grafico si può notare come 25.003 squadre di doppio (o il 42,84% di tutte le squadre di doppio) abbiano giocato una sola partita. Inoltre, il 50% delle partite è legato al 5,5% dei giocatori con il maggior numero di collegamenti: una sola squadra di doppio possiede più di 1.000 collegamenti, cioè ha giocato più di 1.000 partite insieme. Solo poche squadre hanno giocato tra le 500 e le 1.000 partite.

Il grafo (Figura 2.9) è stato costruito con gli stessi criteri visti negli studi precedenti, ovvero lo spessore e la direzione dei collegamenti è dipesa dal numero di incontri giocati e dal numero di vittorie ottenute da ciascuna delle squadre le une contro le altre, con la particolarità che sono state prese in considerazione solo le coppie che in carriera hanno vinto almeno tre titoli del Grande Slam tra il 1968 e il 2014. È possibile notare come il più grande numero di incontri all'interno dell'insieme preso in considerazione sia avvenuto tra i fratelli Bryan e la coppia Knowles-Nestor, con un numero di vittorie maggiore a favore dei fratelli Bryan.

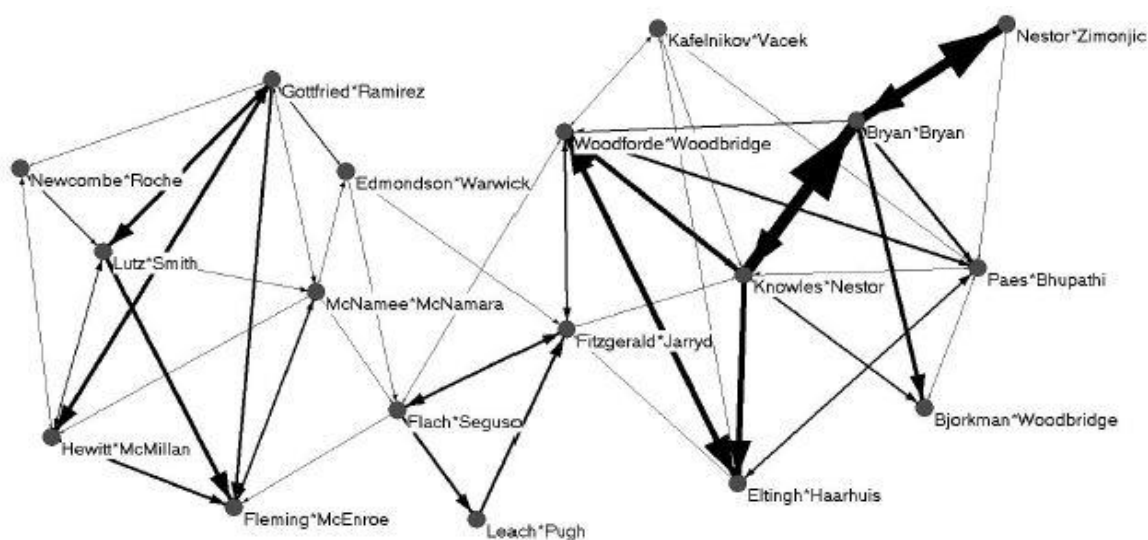


Fig. 2.9: grafo risultante dalla social network analysis^[6]

Come detto in precedenza, questo studio non voleva limitarsi ad individuare le migliori coppie di tennisti, ma intendeva valutare ogni tennista nella pratica del tennis doppio, anche in maniera individuale. Per fare ciò è stato necessario disaccoppiare le squadre, come mostrato in Figura 2.10.

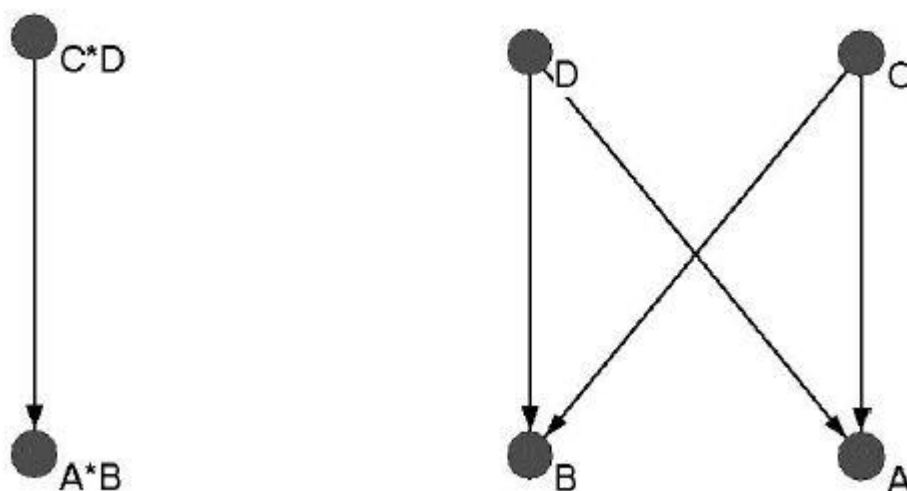


Fig. 2.10: a sinistra abbiamo la rappresentazione della coppia di tennisti A-B che batte la coppia C-D. A destra è stato realizzato un network di singoli giocatori che praticano il doppio^[6]

Così facendo è stata ottenuta una rete di singoli giocatori di doppio e conseguenti nuove connessioni tra loro, infatti da ogni singolo giocatore appartenente alla coppia sconfitta partono due frecce che arrivano ad entrambi i giocatori della coppia vincente. Tali rappresentazioni sono state propedeutiche per la realizzazione del ranking finale, ottenuto in maniera totalmente analoga allo studio effettuato da Radicchi (2011), ovvero utilizzando l'algoritmo PageRank. Concretamente si è immaginato che da ogni coppia sconfitta in match, o ancor più precisamente da ogni singolo componente della coppia, fluisse una variabile identificabile con "prestigio" verso ogni singolo componente della coppia vincente.

Le Tabelle 2.2, 2.3 e 2.4, (fornite in appendice), mostrano il risultato finale del modello, nello specifico rispettivamente la classifica delle migliori squadre di doppio, dei migliori giocatori di doppio e il confronto per ogni anno tra la miglior coppia e il miglior giocatore.

Nella Tabella 2.2 per ogni coppia di doppio è stato fornito, oltre allo score PageRank, il numero di partite giocate (Matches), la percentuale di partite vinte (Percent), e il numero di titoli del Grande Slam (GS) ottenuti tra il 1968 e il 2014. È possibile notare che la percentuale di tutte le partite vinte entro la fine del 2014 dai fratelli Bryan è molto alta ma non straordinaria come nel caso del doppio di Fleming e McEnroe. Una delle ragioni di tale discrepanza tra i risultati dell' algoritmo del PageRank e la percentuale di partite vinte risiede nel valore degli avversari affrontati da ogni squadra di doppio. L'algoritmo del PageRank, infatti, riconosceva gli avversari dei fratelli Bryan come molto più forti rispetto a quelli di Fleming e McEnroe. Inoltre, come riportato da Radicchi (2011), il punteggio del PageRank è fortemente correlato al numero di partite vinte e quindi sono favorite le squadre di doppio con un numero maggiore di partite giocate.

Nella Tabella 2.3 sono stati classificati i primi 30 giocatori di doppio maschile tra il 1968 e il 2014 secondo i punteggi del PageRank. Il primo posto è riservato a Todd Woodbridge, seguito dai fratelli Bryan. Ognuno di questi tre giocatori ha vinto il maggior numero di titoli del Grande Slam, 16 in totale, fino alla fine del 2014. John McEnroe è al 7° posto secondo il punteggio del PageRank, tuttavia è il giocatore con la più alta percentuale di vittorie, avendo vinto un impressionante 83,41% di tutte le sue partite di doppio. È anche indiscutibilmente il miglior tennista singolo tra i migliori giocatori di doppio avendo vinto 7 titoli del Grande Slam nella competizione di singolo e si è piazzato al 3° posto nella lista dei migliori giocatori di singolo nella storia del tennis (Radicchi, 2011).

I risultati di questo studio confermano ulteriormente l'efficacia dell'algoritmo di PageRanking come tecnica di classificazione del tennis alternativa al sistema di classificazione ATP attualmente in uso. Tuttavia, applicando questo tipo di algoritmo, è stato rilevato lo stesso limite presente nello studio di Radicchi, ovvero che i giocatori ancora in attività sono svantaggiati, in quanto non hanno ancora giocato tutte le partite della loro carriera. Ciò è in linea con il risultato che solo 4 delle 30 migliori squadre di doppio erano ancora attive alla fine del 2014, e per "attive" si intende che entrambi i giocatori di una squadra erano ancora attivi, ma non necessariamente giocavano insieme. Nel caso, invece, dei singoli giocatori di

Year	Prestige	ATP year-end	ITF
1968	Rod Laver	-	-
1969	Rod Laver	-	-
1970	Rod Laver	-	-
1971	Ken Rosewall	-	-
1972	Ilie Năstase	-	-
1973	Tom Okker	Ilie Năstase	-
1974	Björn Borg	Jimmy Connors	-
1975	Arthur Ashe	Jimmy Connors	-
1976	Jimmy Connors	Jimmy Connors	-
1977	Guillermo Vilas	Jimmy Connors	-
1978	Björn Borg	Jimmy Connors	Björn Borg
1979	Björn Borg	Björn Borg	Björn Borg
1980	John McEnroe	Björn Borg	Björn Borg
1981	Ivan Lendl	John McEnroe	John McEnroe
1982	Ivan Lendl	John McEnroe	Jimmy Connors
1983	Ivan Lendl	John McEnroe	John McEnroe
1984	Ivan Lendl	John McEnroe	John McEnroe
1985	Ivan Lendl	Ivan Lendl	Ivan Lendl
1986	Ivan Lendl	Ivan Lendl	Ivan Lendl
1987	Stefan Edberg	Ivan Lendl	Ivan Lendl
1988	Mats Wilander	Mats Wilander	Mats Wilander
1989	Ivan Lendl	Ivan Lendl	Boris Becker
1990	Stefan Edberg	Stefan Edberg	Ivan Lendl
1991	Stefan Edberg	Stefan Edberg	Stefan Edberg
1992	Pete Sampras	Jim Courier	Jim Courier
1993	Pete Sampras	Pete Sampras	Pete Sampras
1994	Pete Sampras	Pete Sampras	Pete Sampras
1995	Pete Sampras	Pete Sampras	Pete Sampras
1996	Goran Ivanišević	Pete Sampras	Pete Sampras
1997	Patrick Rafter	Pete Sampras	Pete Sampras
1998	Marcelo Ríos	Pete Sampras	Pete Sampras
1999	Andre Agassi	Andre Agassi	Andre Agassi
2000	Marat Safin	Gustavo Kuerten	Gustavo Kuerten
2001	Lleyton Hewitt	Lleyton Hewitt	Lleyton Hewitt
2002	Lleyton Hewitt	Lleyton Hewitt	Lleyton Hewitt
2003	Roger Federer	Andy Roddick	Andy Roddick
2004	Roger Federer	Roger Federer	Roger Federer
2005	Roger Federer	Roger Federer	Roger Federer
2006	Roger Federer	Roger Federer	Roger Federer
2007	Rafael Nadal	Roger Federer	Roger Federer
2008	Rafael Nadal	Rafael Nadal	Rafael Nadal
2009	Novak Djokovic	Roger Federer	Roger Federer
2010	Rafael Nadal	Rafael Nadal	Rafael Nadal

Tab. 2.5: migliori giocatori per ogni anno^[6]

A titolo di confronto, sono riportate anche le classifiche ATP e ITF (International Tennis Federation). In molti casi, i migliori giocatori dell'anno sono gli stessi in tutte le liste. La classifica denominata "Prestige", però, sembra avere un potere predittivo più elevato, anticipando il miglior giocatore dell'anno successivo secondo le altre due classifiche. John McEnroe è il primo giocatore nella classifica

doppio, la situazione era leggermente migliore in quanto 7 dei 30 migliori giocatori erano ancora attivi alla fine del 2014. Si suppone, anche se con relativa certezza, che i fratelli Bryan abbiano la concreta possibilità di superare Todd Woodbridge in cima alla classifica dei migliori giocatori di tutti i tempi nel doppio.

In conclusione si ritiene opportuno soffermarsi su un ulteriore aspetto degli studi analizzati: la capacità predittiva del modello PageRank.

Tornando allo studio di Radicchi, la tabella 2.5 mostra l'elenco dei migliori giocatori dell'anno in base al punteggio della variabile "prestigio" di cui si è discusso in precedenza. È interessante vedere come il modello identifichi Rod Laver come il miglior tennista tra il 1968 e il 1971, periodo in cui non era ancora stata stilata una classifica ATP. Periodi di dominio di tale lunghezza sono anche quelli di Ivan Lendl (1981-1986), Pete Sampras (1992-1995) e Roger Federer (2003-

“Prestige” nel 1980 ma occupa la stessa posizione nelle liste ATP e ITF un anno dopo. Lo stesso accade anche per Ivan Lendl, Pete Sampras, Roger Federer e Rafael Nadal, rispettivamente migliori giocatori degli anni 1984, 1992, 2003 e 2007 secondo il ranking sviluppato dal modello, ma solo un anno più tardi secondo le classifiche ATP e ITF.

IL TALENTO: NATURA ED EDUCAZIONE

Se si cerca la parola "talento" nel dizionario, si otterranno definizioni quali "un'abilità speciale e naturale" e "la capacità di eccellere in un determinato campo o settore". Nel caso specifico del tennis, esiste un ulteriore fattore da prendere in considerazione, ovvero che a differenza di sport come la ginnastica e la pallacanestro, il successo può essere ottenuto da giocatori totalmente diversi gli uni dagli altri, con caratteristiche fisiche e tecniche completamente differenti.

Lo studio "*Talent Identification in Junior Tennis*" (1993) di M. Lacourse e D. Young ha tentato di identificare i fattori chiave che caratterizzano i giovani tennisti, basandosi su un campione di 122 ragazzi (51 maschi e 71 femmine) provenienti dai campi di addestramento dell'USTA nella California del Sud e nella Florida del Sud. In California, l'età media per i ragazzi era di 12,26 anni e 11,95 anni per le ragazze, mentre i ragazzi del campione in Florida avevano in media 12,25 anni e le ragazze 11,80 anni. Tredici dei ragazzi e 24 delle ragazze di entrambi i siti erano stati o erano attualmente classificati tra i primi 10 giocatori della loro categoria.

Le aree di maggior interesse di tale studio sono state:

- la padronanza delle abilità (ad esempio, il desiderio di raggiungere alti livelli di gioco, grande soddisfazione dovuta alla pratica, all'apprendimento e al gioco);
- il livello di impegno nello sport;
- caratteristiche psicologiche (ad esempio, elevate prestazioni sotto stress, focalizzazione su aspetti come le abitudini dell'avversario, i punti di forza e le debolezze, e la resistenza alle distrazioni come i pensieri negativi o l'ansia);
- capacità e doti fisiche (ad esempio, altezza, peso, potenza, agilità e flessibilità);
- fattori ambientali (ad esempio, background familiare, socio-economico, status, istruzione, età, etnia e sesso ecc.).

Tale studio ha cercato di produrre un metodo di identificazione dei talenti che potesse prendere in considerazione questi fattori e illustrarne l'utilità per prevedere le prestazioni nel contesto del tennis giovanile. Nello specifico, lo scopo era quello di valutare l'importanza relativa di alcuni fattori essenziali per la determinazione

delle prestazioni nel tennis nei giovani giocatori. Un secondo obiettivo era quello di scoprire quale di questi fattori predicesse meglio le prestazioni future.

Ogni partecipante ha completato 12 test fisici (ad esempio misure di altezza, peso e composizione corporea), 4 indagini psicologiche (ad esempio test della personalità e della durezza mentale) e un questionario di base (ad esempio, misure delle abitudini pratiche e competitive, obiettivi e percezioni delle aspettative dei genitori).

Nel complesso, le metriche selezionate (fisiche, psicologiche ecc.) nel processo di identificazione del talento sono state utili e affidabili, nonostante alcuni test si siano rivelati poco pratici o abbiano fornito poche informazioni utili, come, ad esempio, i test di equilibrio dinamico.

I risultati sono stati suddivisi in quattro categorie: caratteristiche fisiche, abilità motorie, caratteristiche psicologiche e caratteristiche di background. Per quanto riguarda la prima categoria, non sembrava esserci una distribuzione particolare di altezza e peso tra giocatrici classificate in modo diverso; tuttavia, tra le giocatrici di livello più alto si è riscontrata una percentuale inferiore di grasso corporeo. Per quanto riguarda, invece, i ragazzi, i primi classificati erano quasi identici per altezza e peso, ovvero più "piccoli" rispetto alla media (più bassi, più leggeri e con meno grasso corporeo). I fattori che hanno caratterizzato, invece, i migliori giocatori, prendendo in considerazione le abilità motorie, sono stati la forza, la velocità, l'agilità, la potenza e il salto in verticale. È stato tuttavia riscontrato che un aumento indiscriminato della maggior parte dei fattori presi in considerazione non permettesse ai ragazzi di diventare dei tennisti migliori: questo risultato suggerisce che probabilmente esiste un livello ottimale di queste abilità piuttosto che un principio "di più è meglio" (ad esempio potrebbe essere meglio avere livelli moderati di potenza delle gambe piuttosto che una potenza eccessiva che può ostacolare l'agilità). Inoltre è stato osservato che i giocatori maschi di livello superiore tendevano ad avere una migliore coordinazione occhio-mano e una maggiore valutazione del colpo da effettuare rispetto ai giocatori di rango inferiore. Dai test psicologici è, invece, emerso che i migliori giocatori, sia maschili che femminili, credevano che il successo fosse per lo più frutto dello sforzo e dell'allenamento. Inoltre, i giocatori di sesso maschile di rango più alto tendevano ad avere un

punteggio più alto in parametri quali la motivazione, il controllo dell'energia e la concentrazione. Una ulteriore qualità comune riscontrata in tutti i giocatori e giocatrici di alto livello è stata l'estroversione. Per quanto riguarda, infine, le caratteristiche di background, è stato osservato che le giocatrici di livello più alto tendevano a dedicare pari quantità di tempo al tennis ed agli impegni accademici, mentre i maschi di livello più alto tendevano a passare una maggiore quantità di tempo svolgendo attività direttamente o indirettamente legate al tennis piuttosto che con il mondo accademico o altre attività al di fuori dello sport. In termini di obiettivi personali, le giocatrici di tutti i livelli hanno mostrato obiettivi simili (ad esempio, ottenere una borsa di studio per il college e diventare la giocatrice numero 1 al mondo). Per quanto riguarda invece i giocatori di sesso maschile, essi si differenziavano per gli obiettivi che si prefiggevano in base al loro livello: i giocatori di alto livello fissavano gli obiettivi in modo simile alle ragazze, mentre i giocatori di livello inferiore si concentravano principalmente su raggiungere il primo posto in classifica.

I risultati di tale studio forniscono un metodo per individuare i migliori giovani giocatori in una particolare selezione. Tuttavia, il relativamente piccolo campione utilizzato per l'indagine non consente che i risultati ottenuti siano in grado di prevedere le classifiche dei giocatori nei mesi e negli anni successivi, nonostante alcuni fattori, per i vari gruppi di età e di genere, siano sembrati essere importanti predittori della qualità dei giocatori.

Lo psicologo svedese Anders Ericsson, basandosi sugli studi di Simon e Chase (1973), ha sviluppato la sua "Teoria della pratica deliberata" (1993), nella quale afferma che il raggiungimento dei livelli di eccellenza è legato esclusivamente alla quantità di allenamento specifico effettuato nel corso degli anni. La quantità di tempo da lui individuata necessaria per eccellere in una determinata disciplina è stata di diecimila ore, e dato che egli ritiene che sia impossibile, anche per i migliori atleti, allenarsi in maniera proficua per più di tre ore al giorno, per raggiungere livelli eccezionali in un determinato sport sono ipoteticamente necessari dai nove ai dieci anni di pratica. La teoria della pratica deliberata nega completamente il ruolo delle caratteristiche genetiche a favore degli stimoli ambientali, in particolare

l'allenamento. Essere figli d'arte, ad esempio, non sarebbe un privilegio, tuttavia permetterebbe un vantaggio per lo sviluppo di un ambiente favorevole alla pratica deliberata. È stato, infatti, osservato come la maggior parte dei giocatori inizi a giocare a tennis, o a praticare un qualunque sport, grazie all'aiuto di un genitore o di un'altra persona importante nella loro vita. Infatti, uno dei fattori più importanti nell'affermazione di un giovane tennista sembra essere la motivazione: è stato infatti registrato che l'87% dei giovani tennisti che praticano a livelli di elite ha dichiarato di essere più intrinsecamente motivato rispetto al solo 32% per quanto riguarda gli atleti di livello inferiore (Lidor e Lavyan 2002). La ricerca ha esaminato le percezioni dei giocatori, dei genitori e degli allenatori sullo sviluppo del talento nel tennis junior d'élite e ha osservato che il coinvolgimento e l'impegno in tale disciplina sono il risultato di un lavoro di squadra in cui i giocatori, i genitori e gli allenatori svolgono ruoli specifici. I risultati hanno anche dimostrato che i genitori e i giocatori sono tenuti a fare grandi sacrifici e che i genitori svolgono il ruolo più significativo in termini di supporto emotivo e psicologico. Tuttavia, in contesti molto competitivi, se la presenza dei genitori è eccessiva, essa potrebbe essere percepita come una fonte di pressione (Wolfenden e Holt, 2005).

D'altro canto molte ricerche effettuate sulla popolazione degli Stati Uniti (Gould et al, 2008) ha rivelato che la maggior parte dei genitori sono figure positive, in quanto la quasi totalità di essi riesce ad avere una visione appropriata ed equilibrata del contesto nel quale il figlio gioca, e ciò permette loro di abbassare la tensione ed essere di supporto. Solo una minoranza di genitori è percepita come negativa, esigente, prepotente, e si mostra come orientata esclusivamente al risultato.

Riguardo la gestione e l'allenamento dei giovani talenti e l'importanza del ruolo dell'allenatore è stato effettuato lo studio *"Talent Development in Tennis – Speaking the Language"* (2009) da parte di Paul Roetert, Mark Kovacs e Miguel Crespo. Nello studio in questione si ritiene fondamentale che l'allenatore capisca che lo sviluppo del talento di un giocatore debba essere operato tentando di combinare in maniera equilibrata l'impegno con gli obiettivi strategici del giocatore e dell'allenatore. Nello specifico il talento non dovrebbe essere la preoccupazione principale dei programmi di tennis. Piuttosto, dovrebbe essere utilizzata una strategia di sviluppo globale a

lungo termine del giocatore (Long Term Player Development, LTPD), che combini lo sviluppo fisico, mentale, tattico e tecnico di ogni giocatore. Solo in questo modo, l'allenatore sarà in grado di sviluppare tutte le competenze necessarie al giocatore. È stato, inoltre, posto l'accento sulla differenza tra compito statico e compito dinamico e sull'utilità di apprendere più movimenti contemporaneamente.

Un compito statico riguarda l'esecuzione di un insieme specifico di azioni, che tipicamente seguono un ordine preciso, per cui si tratta di movimenti, azioni e operazioni che possono facilmente essere migliorate con l'allenamento. Al contrario, i compiti dinamici sono una combinazione di compiti statici in ordine casuale. Il tennis è uno sport che è una combinazione di compiti statici e dinamici. Ad esempio, colpire in maniera con un dritto una serie di palle lanciate da una macchina lancia palle è un compito statico che, dopo essere stato effettuato decine di volte, può portare l'atleta a migliorare il dritto. Tuttavia, tale abilità è molto diversa da quella di colpire un dritto durante un tie-break contro un avversario. Un allenamento efficace dovrebbe concentrarsi su questa transizione: appare chiaro, infatti, che dopo aver appreso un'abilità statica, molti individui evitano, consapevolmente o inconsciamente, di praticarla in maniera dinamica (ad esempio contro un avversario durante un match importante), e scelgono invece di concentrarsi su attività ben radicate delle quali si sentono sicuri ma non permettono loro di migliorarsi in maniera costante (Ericsson, Krampe et al. 1993).

Quando vengono insegnati dei colpi o movimenti, inoltre, in molti casi i benefici a breve termine non tengono conto del LTPD. Quando i giocatori tentano di imparare due abilità del tennis (dritto e rovescio), l'allenatore di solito struttura la pratica in blocchi; prima insegna il dritto, fino a quando il giocatore non riesce a padroneggiare l'abilità in maniera efficace, e poi si concentra sui rovesci. Tuttavia, svariate ricerche sull'apprendimento hanno dimostrato che la pratica alternata di diverse abilità (ad esempio colpire alcuni dritti, poi rovesci, poi di nuovo dritti ecc.) produce un miglior consolidamento di tali abilità a lungo termine, a causa di un fenomeno chiamato interferenza contestuale. Ad esempio, la pratica combinata di dritto e rovescio genera una certa "interferenza" a breve termine (che può essere intesa come il degradamento delle prestazioni) rispetto ad una struttura di

allenamento che prevede prima l'esercizio del dritto e solo successivamente quello del rovescio. Ciò si traduce in un possibile aumento degli errori nel breve termine, ma in una migliore acquisizione di entrambe le abilità nel lungo periodo. Tale fenomeno è stato riscontrato non solo nel tennis ma anche in altri sport, sia individuali che di squadra, come il golf, l'hockey e il calcio (Douvis, 2005).

Per quanto riguarda, invece, lo sport professionistico, lo studio *"The Development of Talent in Sports: A Dynamic Network Approach"* (2018) realizzato da Ruud J. R. Den Hartigh, Yannick Hill e Paul L. C. Van Geert aveva l'obiettivo di prevedere, attraverso un modello di analisi dinamica della rete (Dynamic Network Analysis, DNA), la possibile evoluzione della carriera di singoli atleti, alcuni dei quali hanno ottenuto dei risultati sportivi eccezionali. La distinzione principale su cui si basa tale studio è quella tra "nature" e "nurture", ovvero natura ed educazione, un tema affrontato già in passato da autori come Francis Galton, il quale nel 1869 pubblicò il suo studio sulla genetica del "genio", in cui sosteneva che le prestazioni migliori in un determinato campo tendono a presentarsi in determinate famiglie piuttosto che in altre a tassi molto più alti di quanto ci si possa aspettare se prendessimo in considerazione il caso come unica variabile. A Galton qualche anno dopo rispose De Candolle, il quale scrisse un libro in cui affermava che le risorse ambientali (ad esempio la famiglia, l'istruzione e le strutture a disposizione) sono i fattori principali che determinano l'emergere dell'eccellenza. Oggi, a più di un secolo di distanza, il dibattito nature-nurture rimane una sfida importante per capire come le prospettive individuali di sviluppo del talento siano modellate nel corso del tempo.

Nello studio in questione, dato che il talento non è una quantità misurabile, ci si è focalizzati sulle prestazioni di un individuo, come ad esempio la vittoria in tornei sportivi, in quanto esse sono una funzione stocastica dell'abilità che può essere misurata. Procedendo da questa concettualizzazione, si può dedurre che lo sviluppo del talento è il processo attraverso il quale il potenziale si trasforma in abilità reali, che a questo punto possono essere quantificabili in modelli di performance d'élite.

I dati utilizzati in questo studio sono riferiti a tennisti d'élite, giocatori di golf, giocatori di hockey su ghiaccio e giocatori di calcio. Nel tennis, il numero di vittorie nei tornei è un indicatore diretto dei risultati ottenuti da un giocatore. Al fine di

garantire un livello di competizione uniforme in tutti i tornei e di avere set di dati comparabili per i giocatori di sesso maschile e femminile, ci si è concentrati sui tornei del Grande Slam. Analoga alla vittoria di un torneo del Grande Slam nel tennis è la vittoria di un Torneo Major nel golf, anche perché i tornei principali ospitano anche i giocatori più quotati in un determinato momento.

L'hockey è uno sport di squadra, in cui sono in campo sei giocatori per ogni squadra. Di questi sei giocatori, uno è il portiere e gli altri cinque sono i cosiddetti pattinatori. A causa della dinamica del gioco e delle dimensioni relativamente piccole della pista, ogni pattinatore è coinvolto sia in attacco che in difesa. In questo modo ogni pattinatore ha la possibilità di segnare dei gol, e poiché ogni squadra ha bisogno di segnare gol per vincere, il punteggio è un'espressione misurabile dell'abilità di un giocatore. Il campionato su cui ci si è focalizzati è la National Hockey League (NHL), ovvero la competizione di hockey di più alto livello nel mondo. Analogamente all'hockey, per determinare i risultati ottenuti nel calcio, il parametro preso in considerazione è il numero di gol segnati.

Per esaminare le traiettorie dei traguardi individuali, si è deciso di focalizzarsi su alcuni atleti universalmente considerati dei fuoriclasse, in quanto hanno ottenuto risultati eccezionali (misurabili). Tali atleti sono Roger Federer, che ha vinto un numero eccezionale di 18 titoli del Grande Slam nel tennis maschile al momento della raccolta dati, Serena Williams, che ha vinto 23 tornei del Grande Slam nel tennis femminile, Sidney Crosby, che ha segnato 338 gol nella NHL, e Lionel Messi, che ha realizzato 312 gol nella Liga per l'FC Barcelona.

Inoltre, è stata determinata la distribuzione tra la popolazione dei risultati ottenuti nelle quattro discipline considerate. Per il tennis, sono state esaminate le distribuzioni dei titoli del grande slam per i giocatori di sesso maschile ($n = 1528$) e femminile ($n = 1274$). I campioni comprendevano tutti i giocatori che hanno giocato almeno un match singolo in un torneo del Grande Slam dall'inizio dell'Era Open (1968) fino ad oggi. Per quanto riguarda il golf, si è scelto di concentrarsi sui titoli principali per i giocatori di sesso maschile ($n = 1011$) e femminile ($n = 1183$). Per avere un orizzonte temporale omogeneo e comparabile tra uomini e donne, il conteggio dei maschi è stato limitato agli anni 1968 (anno di inizio dei principali tornei di golf femminili) fino ad oggi. I campioni comprendevano tutte le giocatrici che hanno

partecipato ad almeno un Major. Nel caso dell'hockey, sono stati presi in considerazione tutti i pattinatori ($n = 6677$, tutti uomini) che hanno giocato nella National Hockey League fino al 2016. Infine, per il calcio, ci si è focalizzati su tutti i giocatori di movimento ($n = 585$, tutti uomini), che hanno giocato per l'FC Barcelona nella prima divisione spagnola dal 1928.

I dati relativi ai diversi sport sono stati ricavati dai siti web ufficiali dello sport in questione o dal sito ufficiale che traccia le statistiche di tale sport. I dati per il tennis sono stati raccolti attraverso il sito web dell'ATP (<http://www.atpworldtour.com>, accessibile dal 16-02-2017) e il sito web della Federazione Internazionale di Tennis (<http://www.itftennis.com>, accessibile dal 17-02-2017); per il golf attraverso il sito web della Professional Golfers' Association of America (<http://www.pgatour.com>, accessibile dal 17-04-2017); per l'hockey attraverso il sito web ufficiale della National Hockey League (<http://www.nhl.com>, accessibile dal 21-02-2017); per il calcio attraverso il sito web de La Liga (<http://www.laliga.es>).

Nel tentativo di trovare un equilibrio tra i fattori individuati (natura ed educazione), si è tentato di realizzare un modello di regressione lineare in grado di descrivere il livello di una determinata abilità (A) come somma di varie componenti:

$$A = \alpha + \beta x + \gamma y + \dots,$$

nel quale x , y , z ecc. sono le variabili indipendenti come la dotazione genetica, i fattori fisici, i fattori psicologici come l'impegno, e i fattori ambientali come il sostegno familiare, con α , β , e γ che moderano gli effetti delle variabili.

Tale modello è stato poi utilizzato al fine di individuare tali variabili, ovvero quelle fisiche, tecniche, tattiche, psicologiche, pratiche e ambientali che distinguono gruppi di atleti d'elite da gruppi di atleti non d'elite.

I risultati di questi progetti suggeriscono sempre più che il modello alla base dello sviluppo del talento non è un modello lineare e uniforme: tale idea è in accordo con il cosiddetto problema dell'ergodicità, secondo il quale un modello basato su dati di gruppo si generalizza a un modello di processi individuali solo se si applicano

condizioni molto specifiche, che non sono quasi mai soddisfatte nelle scienze comportamentali e sociali.

Guardando più da vicino i processi di sviluppo del talento individuale, la ricerca ha dimostrato che (i) l'abilità di un determinato atleta e i possibili fattori determinanti (ad es. doti ed impegno) cambiano nel tempo; (ii) i geni, l'ambiente e altri fattori fisici e psicologici sono intrecciati in modi complessi; e (iii) non c'è una media, non esiste una traiettoria di sviluppo lineare che si sviluppa attraverso gli atleti. Inoltre, contrariamente all'ipotesi dei modelli standard, la distribuzione dei talenti tra la popolazione è considerata essere non-normale. Per approfondire le quattro proprietà appena menzionate, in primo luogo, le prove dello sviluppo dinamico del talento possono essere ottenute da ricerche che tracciano l'evoluzione delle prestazioni degli atleti, da rapporti sui punteggi degli atleti e da approfondite indagini qualitative. In secondo luogo, il fatto che i geni, l'ambiente e altri fattori (fisici e psicologici) siano intrecciati è sempre più riconosciuto nella genetica comportamentale e nei modelli epigenetici. Natura ed educazione sono quindi inseparabili nello sviluppo di alcuni tratti o qualità, tra cui il talento sportivo. Ciò è coerente con l'idea che anche i fattori ambientali considerati segni di educazione, come il supporto parentale, hanno una componente genetica, dato che il corredo genetico dei genitori è in parte responsabile della creazione di un ambiente domestico stimolante per sviluppare il talento. In terzo luogo, la complessa interazione tra natura ed educazione può assumere forme diverse per i diversi atleti, e i ricercatori hanno dimostrato che il percorso per arrivare ad essere un fuoriclasse non è quasi mai lineare. Ad esempio, uno studio condotto tra gli atleti australiani d'élite, ha dimostrato che la maggior parte degli atleti ha subito traiettorie diverse (non lineari) da junior a senior, con meno del 7% di tutti gli atleti che hanno dimostrato una traiettoria lineare pura. Una conclusione comparabile potrebbe essere tratta dai progetti di ricerca condotti nei Paesi Bassi nel calcio, nell'hockey su prato, nel basket, nella ginnastica artistica, nel tennis e nel pattinaggio di velocità. In tali studi sono stati cercati principalmente i predittori più importanti a livello di gruppo, ma in seguito si è concluso che gli atleti hanno i loro modelli di sviluppo unici che portano ad un'eccellente prestazione. Ci sono due tipi di spiegazioni per questi percorsi unici, che possono coesistere: il primo è che le relazioni tra le

variabili non sono statiche e lineari, ma piuttosto dinamiche e complesse, e il secondo è che possono verificarsi alcuni eventi prevedibili o imprevedibili che influenzano la traiettoria di sviluppo del singolo atleta. Un esempio di evento prevedibile è il passaggio da giovane a professionista, che può essere un periodo critico nello sviluppo di un atleta. Anche gli eventi imprevedibili, come i traumi o gli infortuni, possono verificarsi ed avere un impatto considerevole sulla traiettoria di progresso di un atleta.

Infine, è stato ripetutamente sottolineato il fatto che la distribuzione dei talenti tra la popolazione non sia normale. In tutta la popolazione, il talento sarebbe esclusivamente nell'estremità della coda destra della distribuzione. Anche se è praticamente impossibile misurare direttamente il talento, è possibile misurare le espressioni dell'abilità di un atleta (cioè il talento attualizzato) in termini di risultati di performance.

Ipotizzando che i risultati misurabili degli atleti forniscano un'indicazione del loro talento attualizzato, la ricerca ha effettivamente mostrato distribuzioni altamente corrette in diversi sport, tra cui il football americano, il cricket, il baseball, il basket, il calcio, il nuoto, l'atletica leggera, le corse automobilistiche, il tennis e lo sci. Queste distribuzioni altamente distorte sono spesso caratterizzate dalle cosiddette "power laws" (distribuzione a legge di potenza), in cui gli atleti eccezionali si trovano nella coda destra. Ciò significa che, nel campione di atleti di qualsiasi sport, sono pochissimi quelli che raggiungono risultati eccezionali a livello professionale. Ad esempio, tra i nuotatori d'élite, Michael Phelps ha vinto un numero incredibile di 28 medaglie olimpiche, mentre la grande maggioranza dei nuotatori professionisti non ha mai vinto una medaglia olimpica.

Nel tentativo di far progredire la modellazione dello sviluppo dei talenti, si dovrebbero definire i principi che possono spiegare le proprietà di cui sopra, guidati da ipotesi sulla definizione di talento e sulla natura dei processi di sviluppo. Ciò significa che il talento dovrebbe essere modellato come un potenziale che si sviluppa attraverso complesse interazioni natura-educazione. Inoltre, il modello dovrebbe tenere conto del fatto che (i) c'è un potenziale che può crescere e può essere attualizzato, (ii) ci sono fattori di supporto e di inibizione che possono variare

nel tempo, (iii) la natura e i fattori di educazione si intrecciano e si modellano a vicenda, e (iv) questo processo di sviluppo è diverso per i diversi atleti. Sulla base di questi requisiti, si ipotizza che lo sviluppo del talento possa essere compreso dal punto di vista delle reti dinamiche, come mostrato in Figura 3.1.

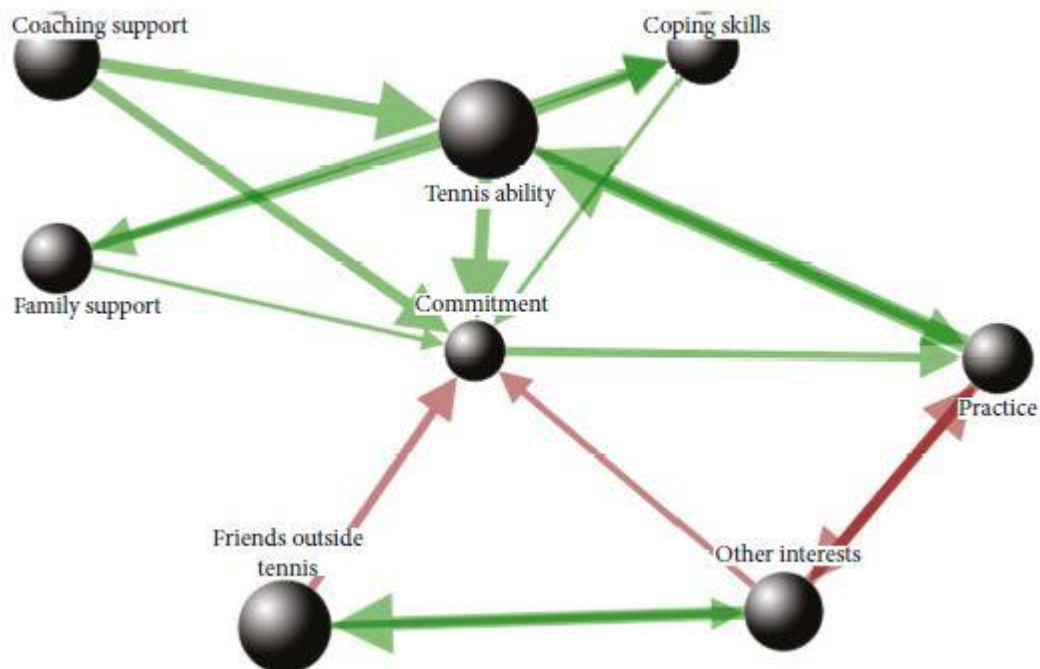


Fig. 3.1: rete dinamica di sviluppo del talento^[7]

Negli anni 2000, le applicazioni di diversi tipi di modelli di network sono diventate importanti in diversi settori scientifici, tra cui la fisica, l'economia, la biologia e le scienze sociali. La differenza tra i modelli di rete dinamica e i modelli standard è che questi ultimi si concentrano sulle associazioni tra variabili specifiche di una particolare popolazione (ad esempio, l'associazione tra impegno e performance nella popolazione dei calciatori), mentre il modello di rete dinamica si concentra sulle proprietà potenzialmente esplicative di una struttura di rete dinamica in sé. I modelli di rete dinamica consentono di modellare le singole traiettorie, e modellando un campione rappresentativo di traiettorie individuali, il modello di rete dinamica offre anche un modello di popolazione. La creazione di un modello di rete dinamica pone quindi le basi per possibili studi futuri di strutture di rete specifiche per la persona, in cui la natura dei componenti di rete rilevanti può essere specificata. Uno degli obiettivi principali dell'attuale articolo è quello di rivelare

come può essere un modello di rete dinamica di base per lo sviluppo dei talenti, convalidato da dati provenienti da diversi sport.

Il modello di rete specifico sviluppato nello studio si ispira alle applicazioni di sistemi dinamici ai processi di sviluppo umano: matematicamente parlando, si è partiti da un'equazione di crescita, secondo la quale i cambiamenti quantitativi delle variabili di sviluppo dovrebbero essere dovuti a relazioni dinamiche con altre variabili a loro volta soggette a cambiamenti. In questo caso, il talento è considerato come un potenziale in termini di crescita matematicamente definita, e l'abilità è il livello effettivo di una variabile in un particolare momento nel tempo. La variabile abilità è incorporata in un insieme di variabili (mutevoli) interconnesse, definite come "connected growers". I connected growers includono risorse stabili, che corrispondono al contributo (epi)genetico che può differire per le diverse variabili e i diversi individui.

Queste proprietà di rete possono essere definite matematicamente come segue:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta L_A}{\Delta t} = \left(r_{L_A} L_A \left(1 - \frac{L_A}{K_{L_A}} \right) + \sum_{v=1}^{v=i} s_v L_A V_v \right) \left(1 - \frac{L_A}{C_A} \right) \\ \frac{\Delta L_B}{\Delta t} = \left(r_{L_B} L_B \left(1 - \frac{L_B}{K_{L_B}} \right) + \sum_{v=1}^{v=j} s_v L_B V_v \right) \left(1 - \frac{L_B}{C_B} \right) \\ \dots \\ \dots \\ \dots \end{array} \right.$$

dove $\Delta L_A/\Delta t$ corrisponde al cambiamento della variabile, K è il fattore stabile (genetico), r è il tasso di crescita associato al fattore stabile, V corrisponde agli altri componenti della variabile nella rete a cui il componente in questione (ad esempio, L_A) è collegato, e s rappresenta il tasso di crescita associato alla variabile, fattori di supporto o inibitivi sotto forma di pesi di connessione nella rete. Il parametro C corrisponde ai limiti di crescita di una particolare variabile (cioè la capacità di carico assoluta), la cui specificazione è più importante del suo valore esatto. Ciò significa che la funzione del parametro C è quella di mantenere le variabili entro limiti realistici (ad esempio biofisici), nell'improbabile possibilità matematica che troppe

relazioni siano fortemente positive e spingano il sistema in un'esplosione esponenziale. L'equazione di crescita dà luogo a diverse forme di sviluppo, spesso non lineari, che si osservano tipicamente nel campo dello sport.

Per considerare eventi come il passaggio da giovane a professionista, si è deciso di modellare una singola perturbazione per ogni atleta intorno a tale fase di transizione al fine di simulare nuove sfide e nuovi ambienti. In seguito a questa transizione, gli atleti possono raggiungere o meno risultati (ad esempio, vincere tornei professionali), che possono essere modellati incorporando un modello di prodotto nel modello di rete. Uno di questi modelli è il modello di abilità-tenacia, che è particolarmente rilevante in settori in cui la perseveranza e l'impegno sono importanti, come lo sport. Tale modello tiene anche conto del fatto che i risultati ottenuti dall'élite sono funzione di un fattore "casuale", tipico dello sport. La formula specifica per calcolare il raggiungimento di un risultato da parte di un atleta in ogni punto temporale (P_t) è quindi pari a:

$$P_t = \phi L_t T_t$$

dove ϕ è il parametro di probabilità, L_t è la variabile di abilità nella rete, e T_t è la variabile di tenacia. È importante notare che, poiché le componenti di abilità e tenacia sono direttamente e indirettamente connesse con le altre componenti della rete, i risultati ottenuti non sono solo il prodotto di queste due variabili ma sono una funzione stocastica in cui abilità e tenacia sono incorporate.

In questo studio si è voluto verificare se un modello di rete dinamica fornisca un valido fondamento teorico per lo sviluppo dei talenti. Pertanto, si è deciso di simulare le reti di atleti sulla base del campione scelto e confrontare i risultati delle simulazioni con i risultati reali basati sulla letteratura esistente e sui dati d'archivio raccolti. In primo luogo, nella sua forma di base, il modello avrebbe dovuto generare le traiettorie di sviluppo individuali e non lineari per i diversi atleti e includere eventi di transizione da giovanili a professionisti. Oltre allo sviluppo delle capacità degli atleti, il modello avrebbe dovuto essere in grado di generare risultati di performance che siano funzione di abilità, tenacia e un fattore casuale. In definitiva,

tra gli atleti simulati, solo pochissimi avrebbero dovuto dimostrare risultati che fossero sproporzionatamente eccezionali all'interno della popolazione atletica, come dimostra la distribuzione a legge di potenza.

Per verificare empiricamente la validità del modello dinamico di rete, sono state confrontate le previsioni del modello basate su simulazioni al computer con i dati raccolti da due grandi sport individuali (tennis e golf) e da due grandi sport di squadra (hockey su ghiaccio e calcio). In particolare, come accennato in precedenza, sono stati confrontati i modelli di previsione con i risultati di atleti professionisti di altissimo livello: Roger Federer, Serena Williams, Sidney Crosby e Lionel Messi.

Il modello di rete dinamica è stato implementato in Visual Basic, che funziona con Microsoft Excel, e ciò ha permesso di simulare le traiettorie di sviluppo dei singoli atleti. Come già anticipato, è stato inserito uno "shock" nel passaggio da giovane a professionista. Per modellare questa transizione, è stata applicata una "perturbazione" alla variabile di abilità (rappresentata in colore nero nella Figura 3.2) al passo 300, che nella simulazione è stato individuato come punto di transizione. Nello specifico, si è lasciato che tre variabili (su dieci) subissero tale shock nel periodo di transizione, poiché il fatto che gli atleti affrontino nuove sfide e si trovino ad avere a che fare con nuovi fattori possa essere correlato, in modo sia negativo o positivo, alla loro abilità.

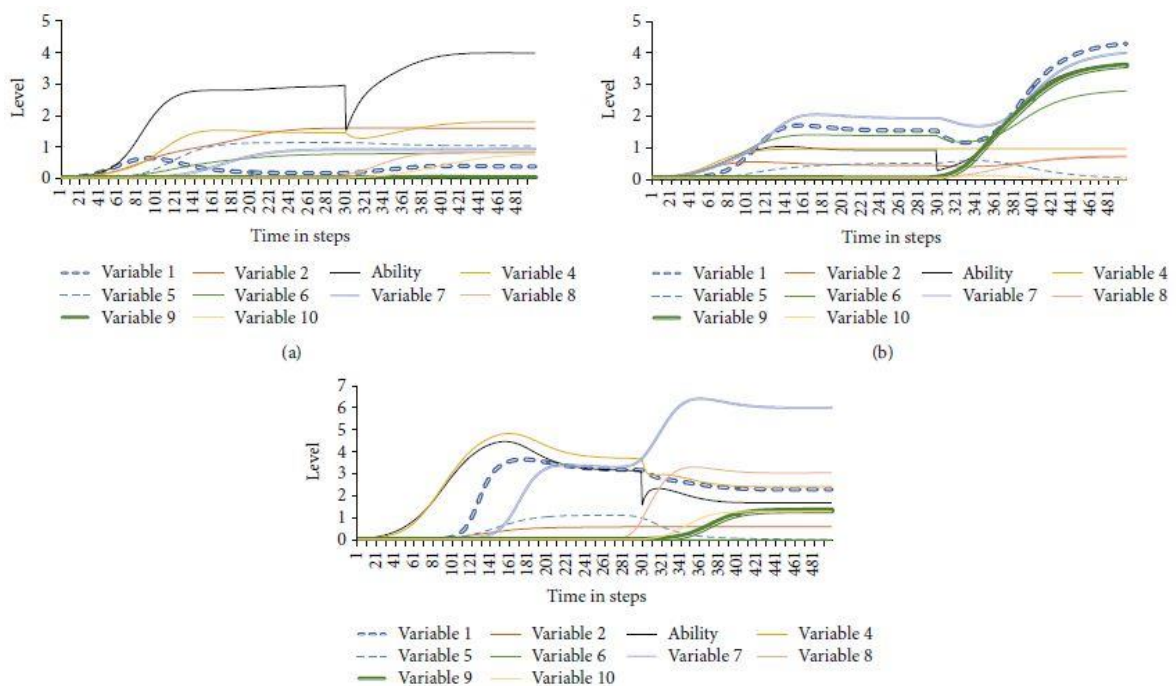


Figura 3.2: simulazione di tre atleti^[7]

Matematicamente parlando, i parametri che abbiamo definito sono numeri adimensionali, cioè numeri che non corrispondono direttamente a proprietà fisiche o psicologiche, ma numeri di rapporto che specificano un particolare rapporto o proporzione dell'effetto di un componente su altri componenti e su se stesso. La popolazione descritta dal modello è rappresentata sotto forma di distribuzioni ipotetiche di questi valori dei parametri. Un individuo in questa popolazione è rappresentato da una qualsiasi combinazione di valori dei parametri tratti in modo casuale da queste distribuzioni. La verifica empirica del modello di rete dinamica si basa, quindi, sulle seguenti previsioni: (1) in qualsiasi campione rappresentativo di combinazioni di parametri, si troveranno traiettorie individuali risultanti che corrispondono alle traiettorie individuali osservate degli atleti, e (2) qualsiasi campione rappresentativo di combinazioni di parametri genererà una popolazione di traiettorie individuali, le cui proprietà generali corrisponderanno alle proprietà di una popolazione osservata di atleti.

È stato, inoltre, scelto il parametro ϕ in base allo sport preso in considerazione: ad esempio, poiché è più facile segnare un gol nell'hockey e nel calcio piuttosto che vincere i tornei del Grande Slam nel tennis o i Major nel golf, il parametro ϕ ha avuto il valore più alto nell'hockey ($\phi = 0.004$), seguito dal calcio ($\phi = 0.002$), e poi dal golf e dal tennis ($\phi = 0.0002$). Inoltre, nell'hockey e nel calcio è possibile generare più realizzazioni (gol) in un unico intervallo di tempo (partita o torneo), il che non è possibile per i risultati ottenuti in termini di tornei del Grande Slam o di titoli importanti sia nel golf che nel tennis. Pertanto, il numero massimo di prodotti per intervallo di tempo è stato fissato a 3 nell'hockey e nel calcio e a 1 nel golf e nel tennis. Per confrontare le distribuzioni effettive con le previsioni del modello di rete dinamica, sono state simulate le “realizzazioni” per il numero di atleti che corrispondevano esattamente al numero di atleti nei campioni di dati reali (ossia 1528 tennisti, 1274 tenniste, 1011 golfisti, 1183 golfiste, 6677 giocatori di hockey e 585 calciatori).

In linea con quanto detto, e con il fatto che l'equazione di crescita genera tipicamente modelli di sviluppo non lineari, le simulazioni del modello di rete dinamica hanno rivelato diverse traiettorie di sviluppo dei talenti per i diversi atleti. La Figura 3.2 mostra le simulazioni delle reti di due atleti (Figura 3.2 (a) e (b)) e

mostra che essi raggiungono livelli di abilità comparabili in modi diversi. Si noti anche come gli atleti simulati rispondono in modo diverso alla perturbazione imposta quando si passa dai giovani ai professionisti (cioè al passo 300), mentre un'altra simulazione ha generato lo scenario realistico di un atleta che non è riuscito ad adattarsi dopo la transizione (Figura 3.2 (c)).

Al fine di verificare se il modello fornisse previsioni che si adattano ai dati d'archivio raccolti, è stato necessario determinare se le prestazioni generate dal modello fossero in accordo con i dati di specifici atleti. Per modellare questi risultati, si è ipotizzato che gli atleti potessero realizzare un risultato (ad esempio, vincere un torneo o segnare un gol) solamente dal momento della transizione da giovane a professionista e la probabilità che in un particolare intervallo di tempo un risultato potesse essere raggiunto era funzione del modello di abilità-tenacia visto in precedenza.

La prima simulazione effettuata corrisponde ad un atleta che raggiunge un livello di abilità di 20,00, che è di 17,74 deviazioni standard al di sopra del livello medio di abilità ($M_{\text{abilità}} = 1,36$, $SD = 1,27$). Come già detto, il parametro ϕ scelto è stato molto basso (0,0002) al fine di simulare la vittoria in un torneo del Grande Slam. La simulazione ha restituito un output di 13 vittorie ($M = 14,20$, $IC(95\%) = [6,95 - 21,45]$ a 1000 simulazioni con gli stessi livelli di abilità e tenacia). Tale risultato del modello è stato confrontato con i risultati ottenuti da Roger Federer al momento della raccolta dei dati, ed è stata riscontrata una buona somiglianza qualitativa in termini di traiettoria simulata (come mostrato nelle Figure 3.3(a) e 3.3(c)) e numero totale di tornei del Grande Slam vinti (18), numero che rientra nell'intervallo di confidenza simulato al 95%. Analogamente, le Figure 3.3(b) e 3.3(d) mostrano i grafici corrispondenti ai titoli del Grande Slam ottenuti da Serena Williams rispettivamente secondo i dati reali e simulati. L'output restituito è stato di 20 vittorie ($M = 15,59$, $IC(95\%) = [8,16 - 23,02]$ a 1000 simulazioni con gli stessi livelli di capacità e tenacia), contro le 23 reali ottenute dalla tennista, valore che comunque è all'interno dell'intervallo di confidenza simulato al 95%.

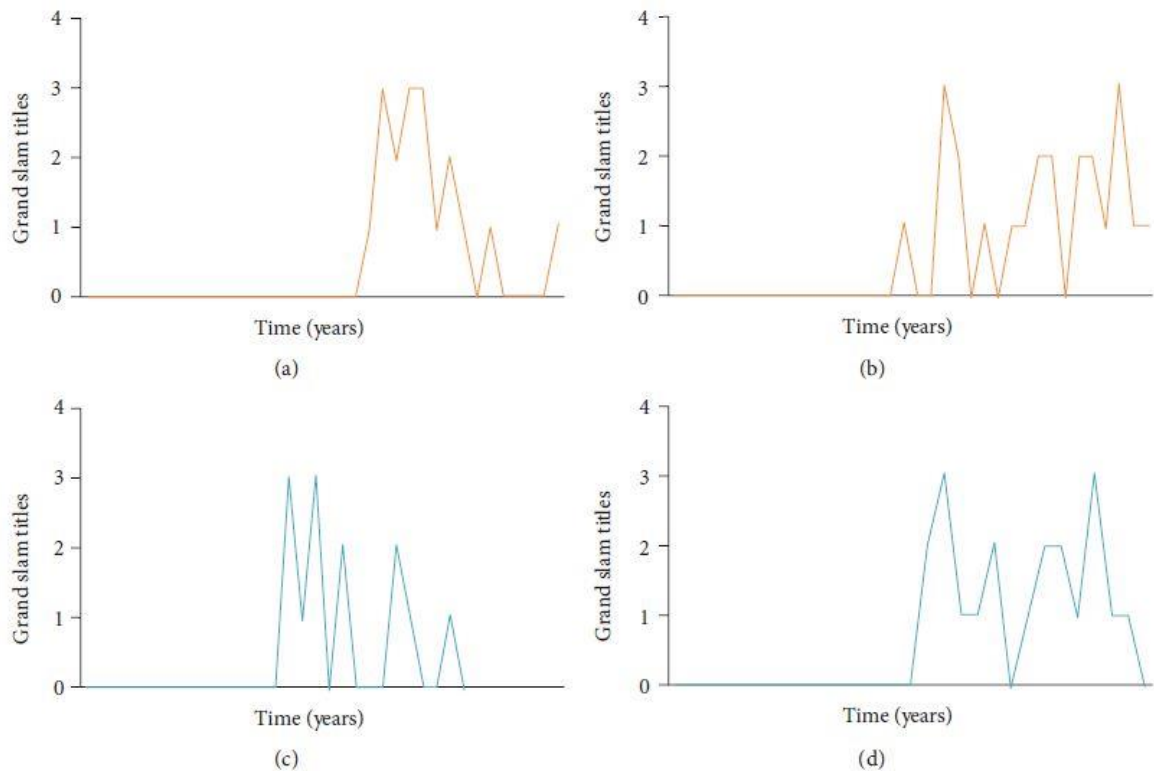


Fig. 3.3: simulazioni vs dati reali^[7]

Per quanto riguarda, invece, gli sport di squadra, i risultati sono stati altrettanto accurati. Nell'hockey il valore del parametro ϕ è stato aumentato fino a 0,004 ed il numero massimo di successi (in questo caso gol) per intervallo di tempo è stato fissato a 3. La simulazione ha restituito un livello massimo di abilità di 11,97 (8,39 deviazioni standard sopra la media) e ad un totale di 337 risultati ($M = 352,02$, $IC(95\%) = [321,21 - 382,83]$ per 1000 simulazioni con gli stessi livelli di capacità e tenacia). L'atleta del quale sono stati utilizzati i dati d'archivio è stato in questo caso Sidney Crosby, il quale nella sua carriera ha segnato 338 gol nella NHL, valore che rientra nell'intervallo di confidenza simulato al 95%; inoltre, il modello dinamico di rete rivela un andamento comparabile di gol segnati nel corso degli anni (Figure 3.4(a) e 3.4(c)).

Nel calcio, invece, il parametro ϕ è sceso a 0,002, sempre con un numero massimo di gol fissato a 3. La simulazione ha portato un atleta a raggiungere una capacità massima di 16,99 (12,36 deviazioni standard sopra la media) ed ha restituito un output di 323 risultati ($M = 331,29$, $IC(95\%) = [303,71 - 358,87]$ per 1000 simulazioni con gli stessi livelli di abilità e tenacia). Il fuoriclasse di riferimento, in questo caso, è

stato Lionel Messi, il quale nella sua carriera con il Barcelona ha realizzato un totale di 312 gol nella Liga, valore che rientra nell'intervallo di confidenza simulato al 95%.

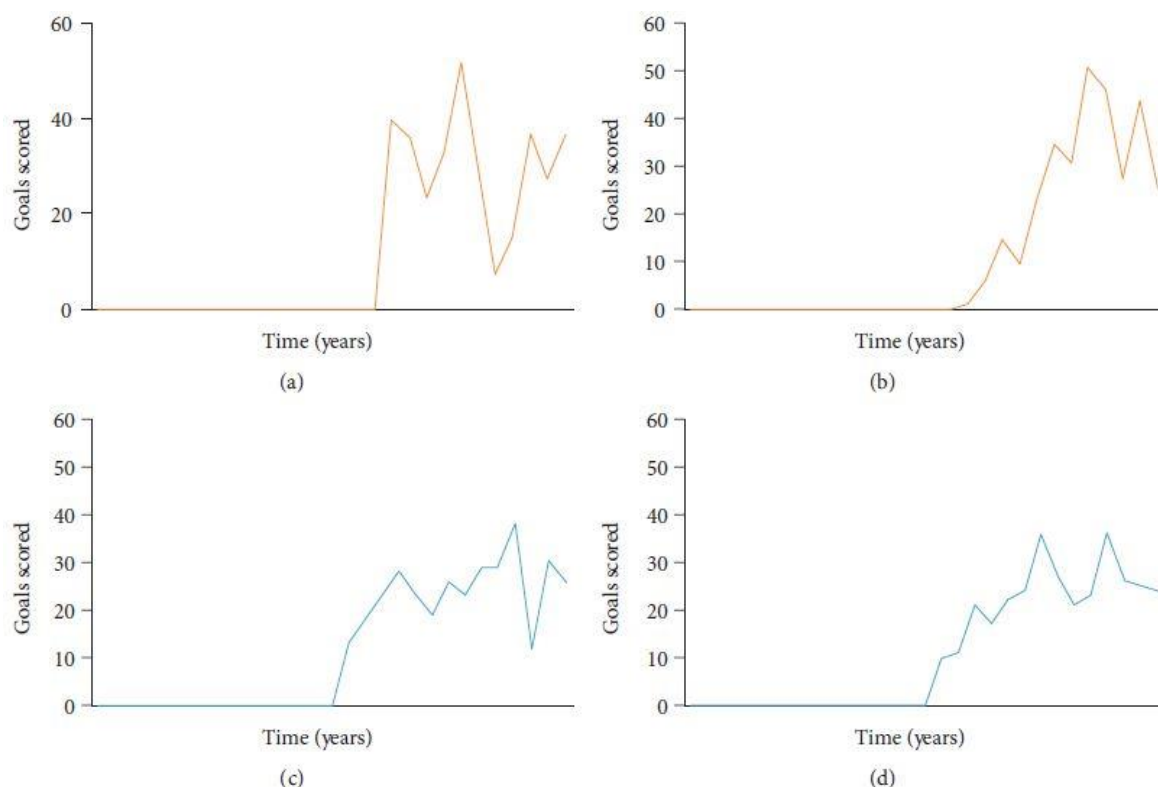


Fig. 3.4: simulazioni vs dati reali^[7]

Nel tentativo di verificare che la distribuzione dei risultati degli atleti seguisse una distribuzione a legge di potenza (pochissimi atleti raggiungono risultati eccezionali su scala sportiva, di genere e geografica), è stata effettuata una raccolta dati per le popolazioni di atleti che praticavano tennis, golf, hockey e calcio al fine di tradurre graficamente i risultati ottenuti dagli atleti.

Per tutti gli sport analizzati i risultati trovati sono risultati molto simili alla legge di potenza nei grafici log-log (Figure 3.5 e 3.6). Infatti, tali distribuzioni sono evidenziate dalle pendenze di regressione lineare che forniscono un forte adattamento ai dati raccolti ($R^2 = 0,94$ per il tennis maschile, $R^2 = 0,89$ per il tennis femminile, $R^2 = 0,99$ per il golf maschile, $R^2 = 0,97$ per il golf femminile, $R^2 = 0,98$ per l'hockey, e $R^2 = 0,96$ per il calcio). Successivamente, sono state simulate le prestazioni sulla base del modello dinamico di rete, e le distribuzioni ottenute sono risultate molto simili a quelle trovate utilizzando i dati d'archivio. Da ciò si può facilmente notare che (i) il numero simulato di giocatori con zero successi è vicino

al numero reale di giocatori con zero successi, (ii) il numero massimo simulato di successi per un atleta all'interno di una data popolazione sportiva è vicino al numero massimo effettivo di successi di un singolo atleta, e (iii) le pendenze di regressione (coefficienti beta) delle trame log-log, che forniscono una stima del parametro di potenza, mostrano una stretta somiglianza tra i dati simulati e quelli di archivio.

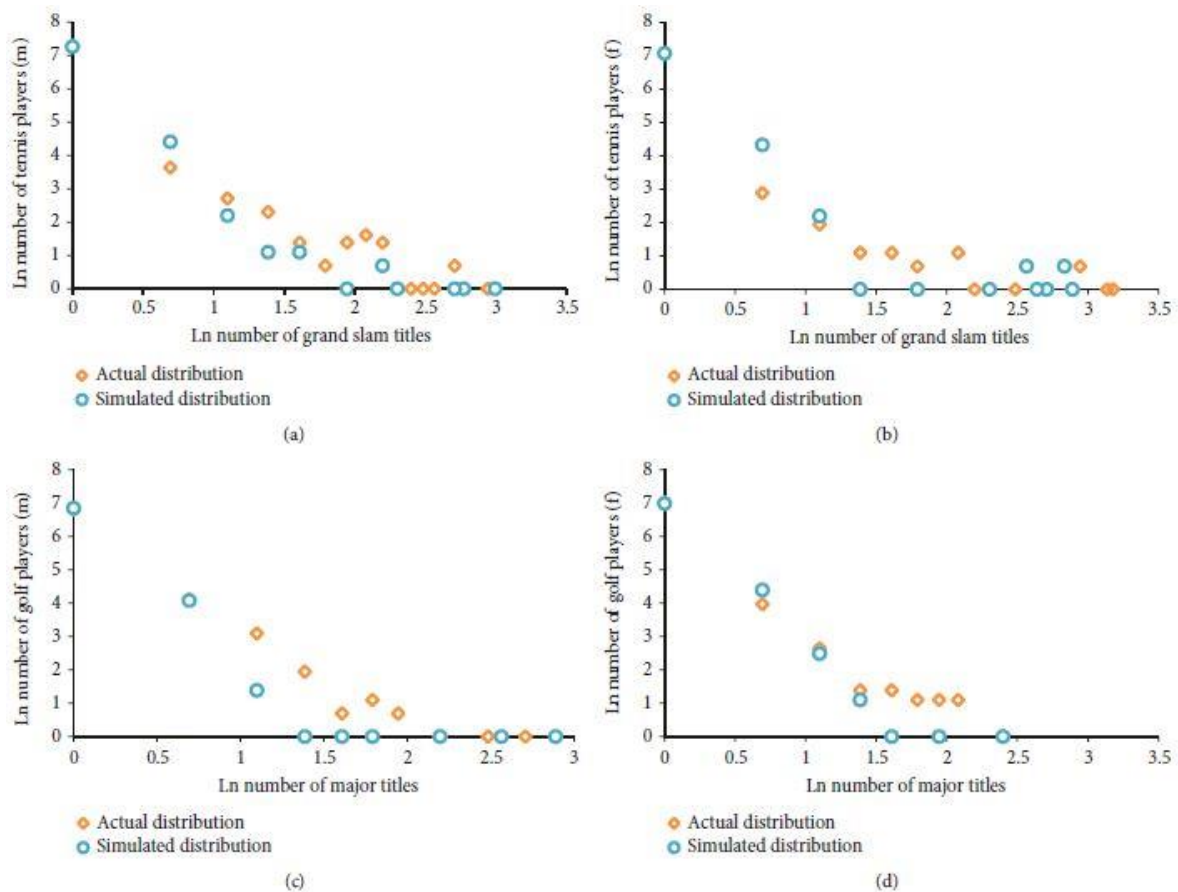


Fig. 3.5: dati di archivio vs dati simulati per tennis e golf^[7]

Nello specifico, la Figura 3.5 mostra le trame log-log dei risultati nei singoli sport secondo i dati d'archivio e quelli simulati grazie ai grafici a, b, c e d, rispettivamente per tennisti, tenniste, golfisti e golfiste.

I risultati di hockey e calcio sono, invece, mostrati nella Figura 3.6, la quale mostra i successi dei giocatori (cioè i gol segnati) in base ai dati d'archivio e simulati nei grafici a e b, rispettivamente per hockey e calcio.

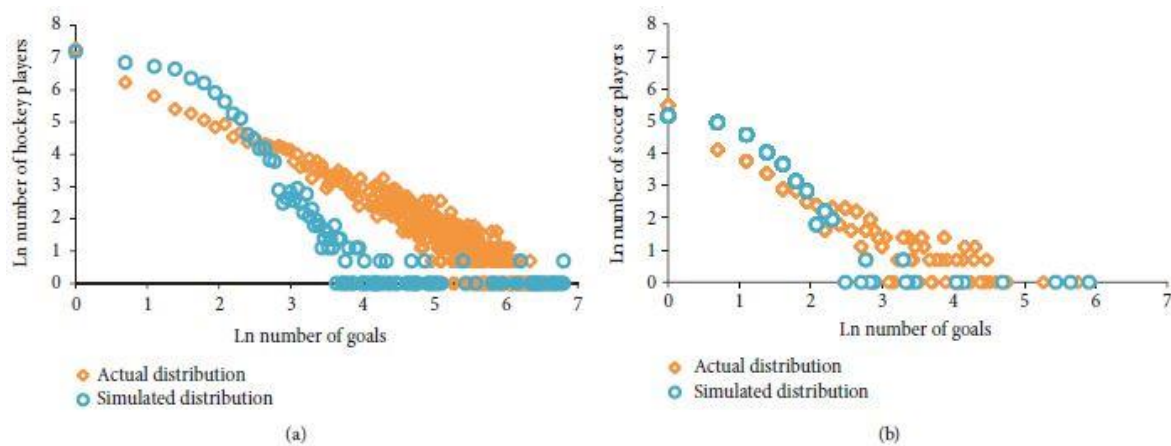


Fig. 3.6: dati di archivio vs dati simulati per hockey e calcio^[7]

In generale è stato riscontrato che i modelli di previsione si sono rivelati più accurati per gli sport singoli piuttosto che per gli sport di squadra. In particolare, i pronostici nell'hockey hanno fornito una distribuzione più curva rispetto a quella reale, anche se le somiglianze a livello qualitativo erano comunque tangibili.

In conclusione, l'analisi di rete dinamica sembra essere il modo più adatto per spiegare lo sviluppo del talento nello sport, poiché si traduce, in ultima analisi, in risultati eccezionali per pochissimi atleti. Tale visione ha importanti implicazioni sia a livello teorico che pratico, ed in particolar modo ha fatto sì che l'attenzione degli scienziati si spostasse dalla semplice identificazione delle variabili al riconoscimento ed al più complesso studio delle interazioni esistenti tra atleta, ambiente, pratica ed educazione. La crescita eccezionale di una particolare abilità in una specifica persona può essere ottenuta, infatti, attraverso un'ampia varietà di connessioni, che è in linea con i risultati empirici che dimostrano che le dinamiche dello sviluppo del talento sono altamente idiosincratiche e diverse tra gli individui. Ad esempio, la ragione per cui un atleta potrebbe non adattarsi ad una transizione da giovane a professionista non è "situata" in una variabile sottosviluppata che specifica la "capacità di adattamento", ma piuttosto risiede nella struttura delle connessioni tra le variabili nella rete dell'atleta. Questi risultati supportano, ancora una volta, l'idea generale che lo sviluppo del talento nello sport sia un processo non lineare in cui natura ed educazione si intrecciano.

Da una prospettiva applicata, i programmi di rilevazione del talento nella ricerca e nella pratica in tutto il mondo si basano ancora in gran parte sul presupposto che il

talento possa essere identificato in determinate variabili "nell'individuo" e che possa essere scoperto in giovane età. Date, invece, le attuali conoscenze sullo sviluppo del talento, i dati d'archivio raccolti e le simulazioni del modello dinamico di rete, si possono porre grossi dubbi su questo tipo di approccio al problema. Dal punto di vista della rete dinamica, possono esistere vari tipi di relazioni moltiplicative dirette e indirette tra le variabili dinamiche che possono portare a diversi livelli di traiettorie di sviluppo. A tal proposito, un altro recente studio basato su simulazioni al computer, *"A dynamic network model to explain the development of excellent human performance"* (Den Hartigh, Van Dijk, Steenbeek, Van Geert, 2016) ha già dimostrato che, in tutti i domini di realizzazione, le previsioni dinamiche di rete rivelano che il rilevamento ex-ante dei livelli di abilità raggiungibili negli istanti di tempo successivi è praticamente impossibile.

Inoltre, uno studio meta-analitico ha recentemente affermato che non esiste un insieme chiaro di variabili in grado di prevedere il successo della carriera nello sport. Il modello di rete dinamica fornisce, quindi, un quadro completo per comprendere i principi teorici alla base dello sviluppo dei talenti e suggerisce che il talento emerge dalle variazioni intra e interindividuali nella composizione dei singoli network dinamici.

CONCLUSIONI

Al termine di questo lavoro di tesi, nel quale è stato analizzato l'impatto dello sviluppo tecnologico e dell'utilizzo delle simulazioni nell'ambiente sportivo e, in particolare, nel tennis, è possibile concludere che tali strumenti abbiano permesso, e permettano tuttora sempre più, di comprendere appieno le più importanti dinamiche legate al gioco.

L'introduzione di tecnologie come l'Hawk-Eye (occhio di falco), che riproduce la traiettoria della palla e il percorso che ha statisticamente seguito, disponibile dal 2005 nella maggior parte dei tornei, oltre a ridurre quasi completamente gli errori arbitrali, hanno permesso il tracciamento di numerose statistiche prima non individuabili. Inoltre, grazie allo sviluppo di calcolatori sempre più all'avanguardia, sono stati realizzati software come "IBM SlamTracker", ad oggi la principale applicazione in grado di fornire punteggi, statistiche e analisi punto per punto delle partite in tempo reale, sfruttando i dati sulla posizione del giocatore e della palla per fornire approfondimenti come "profondità di servizio" e "distanza/punto" che un giocatore potrebbe aver percorso insieme a statistiche tradizionali come ace, errore non forzato, ecc.

L'applicazione inoltre, all'ambiente sportivo, di modelli storicamente legati ad altri settori, come la SNA, ovvero l'analisi delle reti sociali ("*social network analysis*"), utilizzata inizialmente nelle scienze sociali e nella sociometria, ha permesso di confrontare le prestazioni di atleti appartenenti ad epoche diverse e che non hanno mai avuto la possibilità di affrontarsi tra loro, ed ha inoltre consentito all'individuazione, seppur teorica, dei migliori giocatori di sempre tra tutti coloro che hanno avuto prestazioni sopra la media in ogni epoca, sia in singolo che in doppio.

Un'evoluzione dell'analisi delle reti sociali è stata utilizzata per modellizzare, in maniera quanto più realistica, lo sviluppo del talento per quanto riguarda atleti professionisti e juniores, al fine di comprendere quali siano i fattori che permettono l'affermazione o meno di un soggetto all'interno di un determinato settore. Nello specifico è stata utilizzata la DNA, ovvero l'analisi di rete dinamica ("*Dynamic*

network analysis”), che sintetizza analisi di rete sociale tradizionale (SNA), analisi di collegamento (LA), simulazione sociale e sistemi multi-agente (MAS). Tale approccio ha permesso di realizzare modelli in grado di comportarsi in maniera analoga alle traiettorie reali osservate, nonostante non possano ancora essere considerati affidabili per quanto riguarda la previsione degli scenari futuri in relazione alla carriera di un determinato atleta.

Grazie allo sviluppo tecnologico ormai esponenziale che travolge tutti i settori, è lecito aspettarsi ulteriori passi avanti nella ricerca e nella simulazione negli anni a venire: già si parla, ad esempio, di studi volti ad esaminare, ed eventualmente ad individuarne i fattori, se particolari reti di talenti siano più o meno resistenti a perturbazioni come la transizione tra i giovani e i professionisti o gli infortuni nel corso di una carriera.

APPENDICE

Variable	Australian Open	Roland Garros	Wimbledon	US Open	F	p	partial eta squared	
	(n range: 764–998)	(n range: 350–498)	(n range: 392–498)	(n range: 526–744)				
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)				
Aces of all serves (%)	4.84 (5.0) #	3.37 (3.6) ¶†	4.79 (5.3)	4.43 (4.7)	8.42	<0.001	0.012	
Service winners of all serves (%)	1.05 (1.6) # ∫	0.35 (0.8) ¶†	0.82 (1.3) §	1.19 (1.8)	34.57	<0.001	0.042	
First Serve								
First serve in (%)	61.32 (8.4) # ∫	63.72 (8.4) †	62.76 (7.9) §	60.42 (8.4)	18.94	<0.001	0.020	
First serve points won (%)	64.67 (11.5) # ∫	61.92 (11.4) ¶†	66.78 (11.1) §	64.40 (11.8)	14.98	<0.001	0.016	
First serve points won	in deuce court (%)	64.70 (14.0) ∫	62.42 (13.5) ¶†	67.71 (13.4)	65.65 (13.9)	9.62	<0.001	0.014
	in advantage court (%)	64.61 (14.3) #	61.91 (14.2) ¶	66.27 (14.2)	63.98 (14.2)	6.01	<0.001	0.009
	in Wide zone of the deuce court (%)	65.85 (20.6)	62.62 (23.9) ¶†	67.87 (17.8)	68.04 (23.3)	5.39	0.001	0.008
	in T zone of the deuce court (%)	67.55 (21.3)	63.93 (27.7) ¶†	69.68 (20.5)	68.80 (24.7)	4.41	0.004	0.006
	in Body zone of the deuce court (%)	52.60 (30.5) #	58.78 (21.6) ¶	49.68 (36.9) §	58.02 (24.2)	9.81	<0.001	0.014
	in Wide zone of the advantage court (%)	66.65 (24.6)	63.48 (24.5)	67.95 (21.6)	65.28 (26.1)	2.40	0.066	0.004
	in T zone of the advantage court (%)	64.35 (22.0) #	59.15 (26.9) ¶†	64.86 (20.8)	64.97 (24.8)	5.43	0.001	0.008
	in Body zone of the advantage court (%)	49.56 (33.6) #‡	57.78 (24.5) ¶	46.89 (38.0) §	56.92 (26.7)	13.11	<0.001	0.019
Second Serve								
Second serve points won (%)	45.09 (11.9)	45.54 (12.4)	46.44 (12.7)	45.40 (12.5)	1.36	0.252	0.001	
Double Faults of second serves (%)	13.40 (8.3) #	11.68 (8.7) †	12.40 (8.5)	13.30 (8.3)	4.25	0.005	0.006	
Second serve points won	in deuce court (%)	52.40 (17.6)	50.10 (17.5)	52.13 (18.03)	52.56 (17.8)	1.66	0.173	0.002
	in advantage court (%)	52.20 (19.2)	52.84 (19.0)	54.29 (18.7)	51.81 (17.8)	1.52	0.207	0.002
	in Wide zone of the deuce court (%)	40.86 (40.0)	37.59 (39.8)	44.55 (36.3)	39.11 (41.8)	2.21	0.085	0.003
	in T zone of the deuce court (%)	44.06 (34.8) #	36.67 (37.7) ¶	44.13 (34.7)	40.15 (39.0)	4.19	0.006	0.006
	in Body zone of the deuce court (%)	50.18 (27.5)	49.59 (23.3)	50.57 (32.5)	50.25 (23.7)	0.08	0.969	0.000
	in Wide zone of the advantage court (%)	44.92 (34.8)	49.30 (35.3) †	49.11 (31.8) §	40.71 (37.4)	6.10	<0.001	0.009
	in T zone of the advantage court (%)	41.79 (39.8) #‡	31.79 (40.0) ¶	41.89 (38.6)	35.40 (42.3)	6.90	<0.001	0.01
in Body zone of the advantage court (%)	47.94 (29.5)	50.48 (27.7)	47.07 (35.8)	48.96 (24.2)	0.98	0.402	0.001	

Note: the following legends denote significant difference between paired Grand Slams

Australian Open (AO) vs. Roland Garros (RG)

∫ AO vs. Wimbledon (W)

‡ AO vs. US Open (US)

¶ RG vs. W

† RG vs. US

§ W vs. US.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200591.t001>

Tab. 1.7: rendimento in attacco delle giocatrici prese in considerazione

Variable	Australian Open	Roland Garros	Wimbledon	US Open	F	p	partial eta squared
	(n range: 520–998)	(n range: 60–498)	(n range: 272–498)	(n range: 284–744)			
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)			
Return Performance							
Return points won of total returns (%)	43.03 (9.8) <i>f</i>	44.13 (9.6) <i>g</i>	40.91 (9.8) <i>§</i>	43.27 (10.1)	9.81	<0.001	0.011
Returning first serves won (%)	35.33 (11.5) <i># f</i>	38.08 (11.4) <i>g†</i>	33.22 (11.1) <i>§</i>	35.60 (11.8)	14.98	<0.001	0.016
Returning second serves won (%)	54.93 (11.9)	54.56 (12.1)	53.56 (12.7)	54.60 (12.5)	1.40	0.241	0.002
Return winners of total returns (%)	5.19 (5.5) <i># f‡</i>	2.01 (2.8) <i>†</i>	2.51 (2.42)	2.69 (2.7)	95.93	<0.001	0.107
Return unforced errors of total returns (%)	8.69 (7.7) <i># f‡</i>	3.28 (3.6)	3.41 (2.9)	4.07 (3.3)	171.23	<0.001	0.177
Net Performance							
Net points won (%)	66.58 (20.1)	64.40 (19.2)	64.60 (17.1)	65.59 (18.6)	1.88	0.131	0.002
Net points won in total points won (%)	10.86 (6.7) <i>f‡</i>	11.19 (6.3) <i>g†</i>	13.5 (7.9)	12.78 (8.1)	18.33	<0.001	0.022
Break points Performance							
Break points per return game	0.77 (0.4) <i>f</i>	0.79 (0.4) <i>g</i>	0.69 (0.4)	0.74 (0.4)	4.42	0.004	0.006
Break points won (%)	45.73 (23.3)	47.71 (23.8)	44.29 (24.4)	46.17 (24.5)	1.76	0.153	0.002
Break points saved (%)	54.05 (23.1)	51.95 (23.8)	55.54 (24.2)	53.83 (24.5)	1.94	0.121	0.002
Efficiency Performance							
Winner per unforced error ratio	0.86 (0.6) <i># f</i>	1.01 (0.6) <i>g†</i>	1.18 (0.8) <i>§</i>	0.90 (0.6)	32.04	<0.001	0.036
Dominance ratio	1.09 (0.5)	1.08 (0.5)	1.14 (1.0)	1.09 (0.5)	1.03	0.38	0.001
Physical Performance							
Mean meters run per match (m)	1338.71 (571.7)	1452.19 (600.2)	1289.28 (567.9) <i>§</i>	1423.18 (589.1)	3.21	0.022	0.008
Mean meters run per set (m)	583.76 (198.1)	618.65 (221.0)	558.31 (188.2) <i>§</i>	608.84 (196.8)	3.65	0.012	0.010
Mean meters run per point (m)	9.71 (2.7) <i>f</i>	10.16 (2.6) <i>g</i>	9.14 (2.4) <i>§</i>	10.18 (2.9)	7.53	<0.001	0.020

The following legends denote significant difference between paired Grand Slams

Australian Open (AO) vs. Roland Garros (RG)

f AO vs. Wimbledon (W)

‡ AO vs. US Open (US)

g RG vs. W

† RG vs. US

§ W vs. US.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200591.t002>

Tab. 1.8: rendimento in difesa delle giocatrici prese in considerazione

Variable	Australian Open		Roland Garros		Wimbledon		US Open	
	Top 10	Serena Williams	Top 10	Serena Williams	Top 10	Serena Williams	Top 10	Serena Williams
	(n = 152)	(n = 25)	(n = 70)	(n = 14)	(n = 75)	(n = 14)	(n = 105)	(n = 18)
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
Relative Quality (RQ)	3.3 (2.0)	4.5 (1.8)	3.3 (2.0)	5.0 (1.5)	3.2 (2.1)	4.7 (1.8)	3.2 (2.2)	4.6 (1.5)
Aces of all serves (%)	7.2 (7.1)	16.3 (6.4)	5.2 (4.7)	10.3 (4.5)	7.2 (7.8)	19.4 (7.9)	6.9 (5.9)	14.2 (6.6)
First serve points won (%)	70.3 (11.4)	79.8 (9.8)	68.3 (9.8)	73.2 (7.9)	71.3 (10.7)	81.3 (7.2)	71.5 (10.8)	80.6 (7.1)
First serve points won in deuce court (%)	70.4 (13.6)	79.1 (11.8)	68.7 (11.7)	72.7 (11.0)	72.5 (12.0)	82.1 (10.8)	71.7 (12.7)	82.8 (5.2)
First serve points won in advantage court (%)	70.2 (13.2)	79.9 (11.7)	68.4 (11.9)	73.7 (9.2)	71.8 (13.4)	81.9 (10.1)	71.1 (13.0)	78.1 (12.4)
First serve points won in Wide zone of the deuce court (%)					72.4 (15.9)	78.9 (14.9)		
First serve points won in T zone of the deuce court (%)					75.2 (17.6)	85.3 (14.3)		
First serve points won in Wide zone of the advantage court (%)			72.9 (19.9)	81.7 (10.8)	76.8 (16.6)	92.7 (9.9)	71.9 (25.4)	77.7 (23.4)
First serve points won in T zone of the advantage court (%)	70.4 (22.4)	79.0 (15.5)						
Second serve points won (%)	48.8 (11.5)	51.7 (11.0)	48.6 (11.1)	50.5 (7.4)	50.7 (14.0)	51.9 (11.2)	49.6 (12.4)	52.9 (12.0)
Second serve points won in deuce court (%)	56.2 (17.5)	56.5 (15.4)	56.9 (17.8)	61.1 (16.5)			55.8 (16.1)	63.0 (13.6)
Second serve points won in advantage court (%)	54.7 (19.7)	60.6 (16.4)			62.6 (19.9)	65.4 (13.3)		
Second serve points won in Body zone of the deuce court (%)			56.4 (21.2)	61.6 (19.5)				
Return points won of total returns (%)	48.6 (8.7)	48.7 (7.2)	48.3 (8.6)	49.4 (9.0)	46.5 (8.6)	49.5 (7.1)	48.6 (10.0)	47.6 (7.4)
Returning first serves won (%)	40.2 (10.8)	40.43 (9.5)	41.6 (11.0)	42.8 (9.1)	39.7 (10.6)	41.0 (9.4)	41.2 (13.0)	39.0 (11.0)
Returning second serves won (%)	61.0 (11.4)	60.06 (11.3)	58.9 (9.3)	60.9 (11.0)	57.0 (11.5)	62.2 (11.1)	59.3 (10.3)	59.6 (6.7)
Winner per unforced error ratio	1.1 (0.5)	1.38 (0.6)	1.2 (0.7)	1.5 (1.1)			1.2 (0.6)	1.5 (0.6)
Dominance Ratio	1.4 (0.8)	1.87 (1.6)	1.3 (0.5)	1.5 (0.8)	1.6 (2.1)	1.9 (1.2)	1.4 (0.6)	1.7 (0.6)
Break points per return game	1.0 (0.4)	1.0 (0.3)	0.9 (0.4)	0.9 (0.3)	0.9 (0.4)	0.9 (0.3)	0.9 (0.4)	1.0 (0.4)
Break points won (%)							51.6 (19.7)	47.7 (19.7)
Break points saved (%)					58.1 (30.0)	74.3 (31.0)	59.0 (28.5)	68.0 (33.7)

Blank cells denote the variables that did not had stronger correlations with RQ in determined slams according to the cluster analysis and were not considered in those slams to evaluate players' performance.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200591.t003>

Tab. 1.9: analisi delle variabili prese in considerazione per le Top 10 nel ranking e Serena Williams nei quattro tornei del Grande Slam

	Agassi	Becker	Borg	Connors	Counter	Djokovic	Edberg	Stefan	Federer	Roger	Ferrero	Hewitt	Kafelnikov	Kuerten	Lendl	McEnroe	Moya	Muster	Nadal	Nastase	Newcombe	Rafter	Rios	Roddick	Safin	Samppras	Wilander
Agassi		10/14		2/2	5/12		6/9		3/11		2/5	4/8	8/12	7/11	2/8	2/4	3/4	5/9	0/2			10/15	1/3	5/6	3/6	14/34	5/7
Becker	4/14			6/6	6/7		25/35					1/1	4/6		10/21	8/10	2/4	2/3				2/3	3/5	0/1	7/19	7/10	
Borg				15/23											6/8	7/14				10/15	1/4					1/1	
Connors	0/2	0/6	8/23		0/3		6/12								13/34	14/34				12/27	2/4				0/2	0/5	
Counter	7/12	1/7		3/3			6/10						1/6	1/1	0/4	2/3	2/3	7/12		0/1		0/3	0/3	1/2	4/20		
Djokovic									15/31		2/3	6/7				2/4	2/4		17/39				4/9	0/2			
Edberg	3/9	10/35		6/12	4/10								1/3		14/27	6/13	1/1	10/10				3/3	1/1		6/14	9/20	
Federer	8/11					16/31					10/13	18/26	2/6	1/3		7/7			10/32			0/3	2/2	21/24	10/12	1/1	
Ferrero	3/5					1/3			3/13			4/10	1/3	3/5		8/14			2/9			2/3	3/4	0/5	6/12		
Hewitt	4/8	0/1				1/7			8/26		6/10	7/8	3/4	3/4		7/12			4/10			3/4	3/5	7/14	7/14	5/9	
Kafelnikov	4/12	2/6				2/3			4/6		2/3	1/8	5/12			3/6	1/5					3/5	6/8	2/4	2/13	1/2	
Kuerten	4/11								2/3		2/5	1/4	7/12			4/7	3/3					4/8	2/4	1/2	4/7	1/3	
Lendl	6/8	11/21	2/8	21/34	4/4		13/27								15/36		21/36	4/5		1/1		0/1			3/8	15/22	
McEnroe	2/4	2/10	7/14	20/34	1/3		7/13												6/9	1/2		3/4	2/7	1/5	4/7	1/4	
Moya	1/4	2/4				2/4	0/1		0/7		6/14	5/12	3/6	3/7			4/8		2/8			0/3	3/4	0/1	2/11	0/2	
Muster	4/9	1/3					0/10					4/5	0/3	0/3	1/5		4/8					0/3	3/4	0/1	2/11	0/2	
Nadal	2/2					22/39			22/32		7/9	6/10					6/8						7/10	2/2		0/1	
Nastase		0/1	5/15	15/27	1/1																4/5						
Newcombe			3/4	2/4												1/2			1/5								
Rafter	5/15	1/3			3/3		0/3		3/3		1/3	1/4	2/5	4/8	1/1	1/4	3/3					2/3		1/1	4/16	1/3	
Rios	2/3	2/5			3/3		0/1		0/2		1/4	2/5	2/8	2/4		5/7	1/4				1/3		0/2	1/4	0/2		
Roddick	1/6					5/9			3/24		5/5	7/14	1/2	1/2		4/5			3/10			2/2	2/2	4/7	2/3		
Safin	3/6	1/1			1/2	2/2			2/12		6/12	7/14	2/4	3/7		3/7	1/1		0/2			0/1	3/4	3/7	4/7		
Samppras	20/34	12/19		2/2	16/20		8/14		0/1		4/9	11/13	2/3	2/3	5/8	3/3	3/4	9/11				12/16	2/2	1/3	3/7	2/3	
Wilander	2/7	3/10	0/1	5/5			11/20					1/2			7/22	6/13	2/2		1/1		2/3				1/3		

Tab. 2.1: matrice risultato dello studio

Rank	Team	Country	PageRank	Matches	Percent	GS
1	Bryan*Bryan	USA	0.009414	1176	76.79	16
2	Woodforde*Woodbridge	Australia	0.005748	654	78.90	11
3	Knowles*Nestor	Bahamas*Canada	0.004719	663	72.70	3
4	Fleming*McEnroe	USA	0.003650	388	88.92	7
5	Eltingh*Haarhuis	Netherlands	0.003276	433	77.83	5
6	Newcombe*Roche	Australia*USA	0.003138	209	74.16	7
7	Hewitt*McMillan	South Africa	0.003120	465	81.51	4
8	Fitzgerald*Jarryd	USA*Sweden	0.003013	242	72.73	4
9	Lutz*Smith	USA	0.003010	504	72.63	5
10	Paes*Bhupathi	India	0.002865	407	74.12	3
11	Gottfried*Ramirez	USA*Mexico	0.002793	474	75.97	3
12	Nestor*Zimonjic	Canada*Serbia	0.002717	309	73.35	3
13	Bjorkman*Woodbridge	Sweden*Australia	0.002498	211	75.21	5
14	Okker*Riessen	Netherlands*USA	0.002141	356	76.92	1
15	Black*Ulyett	Zimbabwe	0.002089	314	65.00	2
16	Flach*Seguso	USA	0.002059	453	72.85	3
17	Leach*Pugh	USA	0.001967	251	71.58	3
18	Edberg*Jarryd	Sweden	0.001860	162	75.71	4
19	Matkowski*Fyrstenberg	Poland	0.001805	682	59.24	-
20	Casal*Sanchez	Spain	0.001796	622	68.54	2
21	McNamee*McNamara	Australia	0.001670	203	63.71	4
22	Novak*Rikl	Czech Republic	0.001654	332	64.01	-
23	Emerson*Laver	Australia	0.001648	219	76.58	3
24	Ferreira*Leach	South Africa*Australia	0.001548	228	63.67	-
25	Connell*Galbraith	Canada*USA	0.001500	213	65.38	-
26	Curren*Denton	South Africa*USA	0.001444	330	66.39	1
27	Case*Masters	Australia	0.001404	370	63.91	2
28	Gullikson*Gullikson	USA	0.001379	386	56.79	-
29	Alexander*Dent	USA	0.001375	474	63.71	1
30	Bjorkman*Mirnyi	Sweden*Belarus	0.001371	191	73.33	2

Tab. 2.2: classifica delle 30 coppie più forti nel doppio

Rank	Team	Country	PageRank	Matches	Percent	GS
1	Woodbridge, Todd	Australia	0.006124	1042	75.56	16
2	<i>Bryan, Mike</i>	USA	0.006004	1203	76.81	16
3	<i>Bryan, Bob</i>	USA	0.005938	1187	76.60	16
4	<i>Nestor, Daniel</i>	Canada	0.005811	1381	71.42	8
5	Bjorkman, Jonas	Sweden	0.005161	1019	69.98	9
6	Woodforde, Mark	Australia	0.005063	895	72.18	12
7	McEnroe, John	USA	0.004332	635	83.41	9
8	Knowles, Mark	Bahamas	0.004934	1125	66.38	3
9	<i>Paes, Leander</i>	India	0.004616	1086	66.48	8
10	Newcombe, John	Australia	0.004503	448	73.29	11
11	Jarryd, Anders	Sweden	0.004478	846	70.28	8
12	Leach, Rick	USA	0.004421	1038	62.27	5
13	<i>Bhupathi, Mahesh</i>	India	0.004336	1038	66.17	4
14	Haarhuis, Paul	Netherlands	0.004318	846	70.99	6
15	McMillan, Frew	South Africa	0.004286	855	71.86	4
16	Okker, Tom	Netherlands	0.004152	816	75.91	2
17	Gottfried, Brian	USA	0.004145	848	69.18	3
18	<i>Mirnyi, Max</i>	Belarus	0.004102	993	65.14	6
19	Fleming, Peter	USA	0.004008	686	74.13	7
20	Ramirez, Raul	Mexico	0.003992	756	73.03	3
21	Smith, Stan	USA	0.003914	777	72.11	5
22	Riessen, Marty	USA	0.003911	719	72.93	2
23	Stewart, Sherwood	USA	0.003894	1105	66.17	3
24	Fitzgerald, John	USA	0.003783	837	63.32	7
25	<i>Zimonjic, Nenad</i>	Serbia	0.003703	952	65.12	3
26	Lutz, Robert	USA	0.003621	724	69.05	5
27	Eltingh, Jacco	Netherlands	0.003581	536	71.03	6
28	Smid, Tomas	Czech Republic	0.003541	976	66.19	2
29	Suk, Cyril	Czech Republic	0.003493	1255	55.25	1
30	Ulllyett, Kevin	Zimbabwe	0.003413	994	63.26	2

Tab. 2.3: classifica dei 30 giocatori più forti nel doppio

Year	PageRank doubles team	ATP year-end doubles team	PageRank doubles individual	ATP year-end doubles individual
1968	Rosewall*Stolle	-	Newcombe, John	-
1969	Newcombe*Roche	-	Newcombe, John	-
1970	Nastase*Tiriac	-	Tiriac, Ion	-
1971	Okker*Riessen	-	Riessen, Marty	-
1972	Okker*Riessen	-	Nastase, Ilie	-
1973	Okker*Riessen	-	Okker, Tom	-
1974	Lutz*Smith	-	Ramirez, Raul	-
1975	Gottfried*Ramirez	-	Ramirez, Raul	-
1976	Gottfried*Ramirez	-	Ramirez, Raul	Ramirez, Raul
1977	Hewitt*McMillan	-	McMillan, Frew	McMillan, Frew
1978	Hewitt*McMillan	-	McMillan, Frew	McMillan, Frew
1979	Fleming*McEnroe	-	McEnroe, John	McEnroe, John
1980	Lutz*Smith	-	Smith, Stan	McEnroe, John
1981	Fleming*McEnroe	-	McEnroe, John	McEnroe, John
1982	Stewart*Taygan	-	Taygan, Ferdi	McEnroe, John
1983	Jarryd*Simonsson	Fleming*McEnroe	Smid, Tomas	McEnroe, John
1984	Edmondson*Stewart	Edmondson*Sherwood	Smid, Tomas	Smid, Tomas
1985	Flach*Seguso	Flach*Seguso	Seguso, Robert	Seguso, Robert
1986	Ebberg*Jarryd	Gildemeister*Gomez	Forget, Guy	Gomez, Andres
1987	Mecir Sr.*Smid	Casal*Sanchez	Smid, Tomas	Seguso, Robert
1988	Leach*Pugh	Leach*Pugh	Leach, Rick	Jarryd, Anders
1989	Aldrich*Visser	Leach*Pugh	Aldrich, Pieter	Jarryd, Anders
1990	Aldrich*Visser	Aldrich*Visser	Forget, Guy	Aldrich*Visser
1991	Flach*Seguso	Fitzgerald*Jarryd	Fitzgerald, John	Fitzgerald, John
1992	Woodbridge*Woodforde	Woodbridge*Woodforde	Woodbridge, Todd	Woodforde, Mark
1993	Elttingh*Haarhuis	Connel*Galbraith	Elttingh, Jacco	Connel, Grant
1994	Elttingh*Haarhuis	Elttingh*Haarhuis	Bjorkman, Jonas	Haarhuis, Paul
1995	Woodbridge*Woodforde	Woodbridge*Woodforde	Woodbridge, Todd	Woodbridge, Todd
1996	Woodbridge*Woodforde	Woodbridge*Woodforde	Woodbridge/Woodforde	Woodbridge/Woodforde
1997	Woodbridge*Woodforde	Woodbridge*Woodforde	Woodbridge, Todd	Woodbridge, Todd
1998	Bhupathi*Paes	Elttingh*Haarhuis	Bhupathi, Mahesh	Elttingh, Jacco
1999	Woodbridge*Woodforde	Bhupathi*Paes	Woodbridge, Todd	Paes, Leander
2000	Woodbridge*Woodforde	Woodbridge*Woodforde	Woodbridge, Todd	Woodforde, Mark
2001	Johnson*Palmer	Bjorkman*Woodbridge	Johnson, Donald	Bjorkman, Jonas
2002	Knowles*Nestor	Knowles*Nestor	Knowles, Mark	Knowles, Mark
2003	Arthurs*Hanley	Bryan*Bryan	Mimyi, Max	Mimyi, Max
2004	Bryan*Bryan	Knowles*Nestor	Bryan/Bryan	Knowles/Nestor
2005	Bryan*Bryan	Bryan*Bryan	Bryan Bob	Bryan Bob
2006	Bjorkman*Mimyi	Bryan*Bryan	Bjorkman, Jonas	Bryan/Bryan
2007	Bryan*Bryan	Bryan*Bryan	Bryan/Bryan	Bryan/Bryan
2008	Bryan*Bryan	Nestor*Zimonjic	Bryan Mike	Zimonjic, Nenad
2009	Nestor*Zimonjic	Bryan*Bryan	Zimonjic, Nenad	Bryan/Bryan
2010	Bryan*Bryan	Bryan*Bryan	Bryan Bob	Bryan/Bryan
2011	Bryan*Bryan	Bryan*Bryan	Bryan/Bryan	Bryan/Bryan
2012	Bryan*Bryan	Bryan*Bryan	Bryan Mike	Bryan Mike
2013	Bryan*Bryan	Bryan*Bryan	Bryan/Bryan	Bryan/Bryan
2014	Bryan*Bryan	Bryan*Bryan	Bryan/Bryan	Bryan/Bryan

Tab. 2.4: confronto annuale tra la miglior coppia e il miglior giocatore in coppia

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1]“Game, set and match: evaluating the efficiency of male professional tennis player”, A. J. Glass, K. Kenjegalieva, J. Taylor
- [2]“Performance profiles of professional female tennis players in grand slams”, Y. Cui, M. Gómez, B. Gonçalves, J. Sampaio
- [3]“Grand Slam men’s singles tennis 1991-2009 - Serve speeds and other related data”, R. Cross, G. Pollard
- [4]“Who Is the Best Player Ever? A Complex Network Analysis of the History of Professional Tennis”, F. Radicchi
- [5]“An application of incomplete pairwise comparison matrices for ranking top tennis players”, S. Bozóki, L. Csató, J. Temesi
- [6]“Revealing the best doubles teams and players in tennis history”, K. Breznik
- [7]“The Development of Talent in Sports: A Dynamic Network Approach”, R. J. R. D. Hartigh , Y. Hill, P. L. C. Van Geert
- [8]“A dynamic paired comparisons model: Who is the greatest tennis player?”, R. D. Baker, I. G. McHale
- [9]“Prediction of Tennis Performance in Junior Elite Tennis Players”, T. Kramer, B. C. H. Huijgen, M. T. Elferink-Gemser, C. Visscher
- [10]“Talent Identification in Junior Tennis”, M. Lacourse, D. Young
- [11]“Talent Development in Tennis – Speaking the Language”, P. Roetert, M. Kovacs, M. Crespo
- [12]<https://www.eschilo2.com/breve-storia-del-tennis/>
- [13]<https://tennis.it/il-tennis-che-non-conosce-crisi/>
- [14]<https://www.tennisitaliano.it/tennis-piano-strategico-atp-investimenti-digitali-nuovo-calendario-2022-47539>
- [15]<https://www.tennisitaliano.it/la-sinistra-di-nadal-29246>
- [16]https://it.wikipedia.org/wiki/Analisi_delle_reti_sociali
- [17]<https://www.evemilano.com/pagerank/>
- [18]<http://sport.repubblica.it/news/sport/tennis-malago-in-tre-anni-copertura-sul-centrale-di-roma/4637814>
- [19]https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_network_analysis
- [20]https://it.wikipedia.org/wiki/Analisi_delle_reti_sociali
- [21]<https://www.ninjamarketing.it/2016/11/04/social-network-analysis/>
- [22]<http://www.atpworldtour.com>
- [23]<https://www.wtatennis.com/>
- [24]<http://www.itftennis.com>
- [25]<http://www.pgatour.com>
- [26]<http://www.nhl.com>
- [27]<http://www.laliga.es>
- [28]<https://www.federtennis.it/>
- [29]https://www.usopen.org/en_US/slamtracker/index.html
- [30]https://www.wimbledon.com/en_GB/scores/index.html
- [31]<https://www.topendsports.com/world/lists/popular-sport/sports/tennis.htm>

RINGRAZIAMENTI

Al termine di questo percorso sarebbero davvero tante le persone da ringraziare. In questi cinque anni sono cambiate tante cose, non tutte le persone che erano con me all'inizio sono ora qui a gioire per questo traguardo, ma posso dire con assoluta certezza che non potrei essere più orgoglioso e felice per tutte le persone che mi sono accanto in questo periodo della mia vita.

Mia madre, mio padre e mia sorella, con cui in tutti questi anni mi sono stretto in un abbraccio ad ogni passo che mi rendeva più vicino al traguardo, ma sui quali ho anche riversato tutti i miei malesseri e le mie delusioni, e che nonostante ciò non hanno mai smesso di darmi la forza necessaria per andare avanti, stringendosi ogni volta attorno a me in un abbraccio ancora più forte.

Mia nonna, i miei zii, i miei cugini, la mia famiglia nel senso più ampio del termine, sempre presente nei momenti che contano, in grado di farmi sentire più speciale di quanto in realtà non sia.

Ennia e Beppe, la mia famiglia torinese, in grado di farmi sentire a casa anche quando casa era lontana, e con i quali ho un debito che non potrò mai ripagare.

I miei amici di sempre, in particolare Alessia e Leonardo, e i miei compagni di viaggio Davide e Marco, punti di riferimento di cui non potrei mai fare a meno.

I miei nonni Cesare, Armando e Iolanda, è come se ci foste.