



STATATHLETICS

Come Migliorare l'Efficienza Economico-Sportiva di una Squadra
NBA

Paolo Ticozzi

a.a. 2017/18

Indice

1	Introduzione	1
1.1	Sport di Squadra	1
1.2	Costi e benefici di un giocatore	3
2	NBA, la lega più rinomata al mondo di pallacanestro	4
2.1	Struttura	4
2.2	Draft	5
2.3	Mercato NBA	7
3	I modelli di efficienza	8
3.1	Ipotesi generali per lo sviluppo dei modelli	8
3.2	DEA (Data Envelopment Analysis) e pallacanestro	13
3.2.1	Definizione del modello	13
3.2.2	Selezione del campione e definizione delle giornate	14
3.2.3	Analisi dei giocatori	20
3.2.4	Analisi delle squadre	23
3.3	MERM (Massimizzazione Efficiency Rating Medio)	25
3.3.1	Definizione del modello	26
3.3.2	Esempio applicato al campione	26
4	Conclusione	29
4.1	Sport e analisi quantitativa	29
4.2	Fattori imprevisti	30
4.3	"Statathletics"	31

Elenco delle tabelle

2.1	Fonte: https://www.nbareligion.com	6
3.1	Fonte: http://insider.espn.com	16
3.2	La selezione di 29 <i>players</i> ; consiste in 10 guardie, 10 ali, 6 centri e 3 allenatori	18
3.3	Risultati di ogni <i>player</i> nella prima giornata secondo calendario Dunkest	19
3.4	Risultati ottenuti tramite analisi DEA per ogni singolo giocatore del campione	22
3.5	Risultati ottenuti tramite analisi DEA per ogni singola squadra estratta casualmente	24

*Per i miei genitori,
sempre al mio fianco.*

Sommario

Lo scopo di questa tesi è descrivere un approccio razionale allo sport in termini di efficienza economica. L'intuizione alla base è quella di fornire un semplice strumento di analisi della struttura dei costi e dei benefici sportivi di un giocatore (singolarmente) e successivamente di una squadra (intesa come collettivo di giocatori). I risultati ottenuti si basano su di una selezione di giocatori e partite che permette di semplificare i calcoli concentrando l'attenzione del lettore sulla costruzione e sull'uso dei modelli proposti, che possono rivelarsi utili per definire le performance economiche e sportive alla base di una squadra.

Per gli scopi sopra descritti ci si focalizzerà principalmente sul gioco della pallacanestro, in particolare sulla regular season NBA 2017/18.

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Sport di Squadra

In generale gli sport di squadra sono attività motorie che hanno come obiettivi principali la collaborazione fra i componenti della medesima squadra e la competizione fra squadre. La collaborazione (al netto degli infortuni) è considerata un buon indicatore per la performance di squadra; come scrive Wayne Winston¹ nel suo trattato *Mathatletics* (cap. 31 pg. 226, sottosezione "*Lineup Chemistry 101*"):

« [...] *We can easily identify lineups with good or bad chemistry. [...] A positive chemistry rating indicates that a team played better than expected and exhibits positive chemistry, while a negative chemistry rating indicates that a team played worse than expected and exhibits negative synergy [...]* »

Pare corretto sottolineare che la collaborazione non implica automaticamente vincere, ma in generale più una squadra è affiatata e sa come muoversi in campo, maggiori saranno le chance di vittoria. Un esempio celebre in questo senso nel calcio è quello del Leicester City FC, che nella stagione 2015/16 contro ogni pronostico ha vinto la Premier League inglese. Il coach Claudio Ranieri ha spesso sottolineato durante l'anno come la coesione del gruppo fosse essenziale per superare ogni aspettativa.

Viceversa, sono molte le squadre che ogni anno spendono milioni per assicurarsi le prestazioni sportive di giocatori famosi credendo che basti solo questo per vincere i campionati, senza considerare la chimica di squadra e la capacità di adattamento dei singoli. Per esempio gli Oklahoma City Thunder, una nota franchigia NBA (National Basketball Association), nella sessione di mercato estiva 2017/18 hanno acquistato Paul George e Carmelo Anthony, entrambi giocatori con elevato potenziale, ma nonostante ciò hanno ottenuto nella prima parte di stagione risultati molto altalenanti. Cambiando sport e passando al calcio, è noto come nonostante i milioni spesi, il Paris Saint-Germain non sia ancora riuscito a superare i quarti di finale di Champions League, obiettivo mi-

¹Wayne Winston è professore di Decision and Information Systems alla Kelley School of business, Indiana University.

nimo fissato dal proprietario Nasser Al-Khelaifi.

Un'analisi sulla collaborazione fra i vari giocatori è molto complessa da sviluppare, perché essa, oltre che la capacità di costruire gioco in campo, significa stimare l'amicizia "dentro lo spogliatoio", la voglia di vincere dei componenti o ancora la capacità di pensare prima alla squadra e poi alla propria gloria personale.

Per ovviare a questo problema si devono considerare i ruoli che i giocatori hanno sia in campo sia nello spogliatoio.

Negli sport di squadra gli atleti non hanno lo stesso ruolo in campo. L'emblema in tal senso è il calcio: tra portieri e attaccanti ci sono numerosissimi ruoli e posizioni con compiti totalmente diversi fra loro. I difensori non devono far segnare gli avversari, i centrocampisti devono dare man forte un po' dappertutto e costruire il gioco, gli attaccanti devono segnare ... ma ci sono poi infinite sfaccettature di questi ruoli "standard"!

Per questo motivo molto spesso la collaborazione è l'elemento che distingue un gruppo forte e vincente rispetto alle "accozzaglie di campioni".

Nel caso della pallacanestro i ruoli sono 5, ovvero regista (*playmaker*), guardia tiratrice (*point guard*), ala piccola (*small forward*), ala grande (*power forward*) e centro (*pivot*). Si possono definire tre macro-ruoli in base al posizionamento in campo (che useremo in questa analisi):

1. Le guardie (G) sono coloro che hanno buone capacità di tiro da 3 punti e in generale di gestione del gioco; si trovano generalmente al centro, lungo la linea dei 3 punti, dove possono sfruttare la loro visione di gioco.
2. Le ali (F) sono coloro che hanno buone capacità di movimento e di tiro; sono i tuttofare della squadra, si muovono lungo il lato del campo e possono puntare agli inserimenti a canestro.
3. I centri (C) sono identificabili come i giocatori mediamente più massicci e più alti; stanno sotto canestro per prendere i rimbalzi e segnare canestri da 2 punti.

Da un punto di vista più psicologico, i ruoli nello spogliatoio sono importanti almeno quanto lo sono quelli in campo; ci sono i veterani, che navigando da più tempo nella squadra devono tramettere alle nuove leve il senso di responsabilità verso i colori che indossano; ci sono le stelle, cioè i giocatori più amati dai tifosi, che devono essere leader ed esempi per i compagni; poi le riserve, i cadetti, i nuovi arrivati, e così via.

Tutti i giocatori hanno un ruolo da rispettare nella squadra, legato sia alle proprie capacità tecniche, sia alla passione e al carisma individuale.

Nelle sessioni di mercato i direttori sportivi, in collaborazione con gli allenatori, acquistano giocatori anche in funzione del ruolo che sperano assumano nello spogliatoio, in modo da facilitare il processo di collaborazione, fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi finali.

Un indice per distinguere e capire il ruolo che la società vuole attribuire al giocatore è rappresentato in buona parte dal peso economico che questo ha sul

budget della squadra. I modelli costruiti cercheranno di capire *ex-post* se le mosse fatte sono state vincenti oppure no, e in alternativa quali sono i passi da svolgere per migliorare con la successiva campagna acquisti.

Un secondo aspetto molto importante da tenere in considerazione quando si parla di sport di squadra è la competizione per il titolo, che è il motivo per cui lo sport ha tanto successo. L'interesse scaturisce quando i giocatori e/o i collettivi spingono se stessi ai propri limiti, riuscendo a battere record e affermando quindi la propria supremazia nel gioco. Esempi in tal senso sono le star sportive, come LeBron James, Cristiano Ronaldo, Tom Brady e molti altri, ma anche i collettivi come Real Madrid, Boston Celtics e New England Patriots. Tutti gli esempi sopracitati hanno in comune una elevata competitività che motiva il giocatore e/o la squadra nel pretendere sempre il meglio da se stessi, ottenendo di conseguenza i risultati migliori.

1.2 Costi e benefici di un giocatore

Quando è giusto pagare "tanto" un giocatore? In che modo si stabilisce che il giocatore x vale più del giocatore y ?

Queste domande sono molto ampie e generali e non possono essere spiegate solamente sotto un punto di vista delle prestazioni sportive. Infatti, la risonanza mondiale di alcuni sport e di alcune stelle del gioco (vedi Cristiano Ronaldo), dovuta in gran parte allo sviluppo dei social network, gonfiano in un certo senso i prezzi dei giocatori in sede di mercato. Alcuni atleti hanno sviluppato una vera e propria macchina di marketing attorno alla loro figura che permette loro di avere un potere contrattuale fuori dal comune.

Si può essere competitivi senza avere in squadra i fenomeni del gioco e quindi sborsare cifre a 8 zeri? E se ciò è possibile, come si dovrebbe operare?

Nelle pagine successive si analizza il mondo della NBA cercando di dare delle risposte pratiche a queste domande.

Capitolo 2

NBA, la lega più rinomata al mondo di pallacanestro

La National Basketball Association è la lega professionistica di pallacanestro di punta degli Stati Uniti d'America. È considerata oggi come il principale torneo mondiale di questo sport, in quanto tutti i più grandi cestisti sono transitati in questo campionato.

Essa nasce nel 1946 sotto il nome Basketball Association of America (BAA) e solo dopo la fusione con i rivali della National Basketball League (NBL) avvenuta nel 1949 venne adottato il nome di National Basketball Association (NBA). Oggigiorno conta 30 squadre, di cui 29 statunitensi e 1 canadese, divise in due conference (East e West) ognuna delle quali conta tre division con 5 squadre ciascuna.

2.1 Struttura

Il campionato NBA si suddivide in due momenti principali. Il primo momento è la cosiddetta regular season (da ora in poi *regular*) che dura da metà ottobre fino a metà aprile (NBA regular 2017/18: 17 ottobre - 14 aprile) per un totale di 165 giorni, escludendo le pause. In questo lasso di tempo ogni squadra gioca 82 partite, con una media di circa 3.5 partite alla settimana e numerosi back-to-back (2 partite in 2 giorni). Ogni squadra registra quindi un record di vittorie (W) e sconfitte (L). In base al rating definito da

$$\frac{W}{W + L}(\%).$$

Si stilano due classifiche, una per divisione (Western conference e Eastern conference, in base alla posizione geografica della squadra). Ogni divisione ha 15 squadre, di cui avanzeranno alla fase successiva solamente le prime 8.

Il secondo momento è la cosiddetta playoff season (da ora in poi *playoff*) nel periodo subito successivo alla regular, che è un torneo strutturato sulla base delle 8 squadre passate ai playoff in ogni conference. Si crea un tabellone ad eliminazione in cui la prima classificata nella conference sfida l'ottava classificata nella stessa conference, la seconda sfida la settima e così via. Ogni sfida si gioca sulla base di 7 partite; quando una squadra vince 4 partite passa alla fase

successiva.

Alla fine i vincitori dei playoff di ciascuna divisione si sfidano nelle finali.

Vi sono 30 franchigie nella Lega, ognuna delle quali è formata da una rosa di 15-17 giocatori, ma nei sistemi di rotazione generalmente solo 10-12 prendono parte alla partita: gli altri sono riserve, necessarie soprattutto per coprire i buchi in caso di necessità. Ogni anno la rosa può essere modificata in due sessioni di scambi (*trading sessions*): una prima dell'inizio della regular season e l'altra durante una finestra di circa due settimane a gennaio.

Inoltre si possono scegliere nuove leve attraverso l'NBA draft, un ingegnoso sistema per evitare che nel corso degli anni ci sia una supremazia schiacciante di poche franchigie su tutte le altre. Questo sistema permette alle squadre non classificate per la playoff season di aggiudicarsi le cosiddette "first picks at first round": le ultime classificate quindi possono aggiudicarsi le potenziali stelle del futuro, permettendo così maggiori rotazioni nelle squadre di punta della lega. Il draft è anche l'occasione per pubblicizzare l'NBA, infatti crea suspense attorno alle nuove promesse del gioco e di conseguenza si forma un alone di curiosità e trepidazione per la futura stagione.

Il draft del 2017/18 in particolare è stato considerato uno dei più talentuosi degli ultimi anni, ed è l'emblema del cambiamento che sta velocemente correndo nei campi da basket. Le matricole (*rookie*) sono infatti mediamente più agili e tecniche rispetto ad un passato nel quale i giocatori erano più fisici e propensi alla potenza, spostando i sistemi di gioco verso nuove strade. In particolare ha preso il sopravvento il cosiddetto *small ball*: questa tattica prevede di schierare un numero maggiore di "palleggiatori" in campo rispetto ai sistemi tradizionali, per migliorare la fluidità della manovra offensiva. Secondo alcuni esperti l'esplosione di questa nuova filosofia di gioco nasce a seguito della rivoluzione lanciata da *guardie tiratrici* e *playmakers* dotate di straordinarie doti tecniche e di un ottimo tiro da tre, come Steve Nash e Allen Iverson, tanto per citare due grandi nomi della storia dei primi anni 2000.

Le prime tre scelte al draft 2017 sono state in ordine Markelle Fultz, selezionato da Philadelphia 76ers, point guard sfortunato nel suo primo anno, visto che ha dovuto saltare la maggior parte della sua prima stagione NBA per via di un infortunio con tempi di recupero molto lunghi; Lonzo Ball per i LA Lakers, molto seguito già nel suo ultimo anno di college grazie anche alle azioni di marketing del padre LaVar Ball che ha costruito un vero e proprio impero intorno al talento dei suoi figli; infine Jayson Tatum, ala piccola, selezionato dai Boston Celtics, che già durante il suo primo anno ha dimostrato tutta la personalità della grande star.

2.2 Draft

Il draft è una delle occasioni più importanti per le giovani promesse del gioco perché crea attenzione intorno al giocatore e permette di entrare fin da subito nella lega con un profilo da star, guadagnando così minutaggio in campo utile per mettersi in mostra e confrontarsi con i migliori giocatori in circolazione. Nonostante ciò, sono state mosse molte critiche nel corso degli anni a questo sistema; infatti la prima scelta assoluta non può essere assegnata direttamente

alla squadra con record peggiore in assoluto in regular dell'anno precedente, per evitare casi di "tanking", ovvero casi in cui le squadre che non hanno più possibilità di migliorare la propria posizione perdono apposta le partite per poter ottenere la miglior scelta possibile nel draft dell'anno successivo. Perciò si è introdotta una lotteria (la cosiddetta *draft lottery*, che precede il draft di circa un mese) che assegna le prime tre scelte in maniera casuale alle 14 franchigie che non sono entrate nella playoff season.

Nella lotteria vi sono 14 palline da ping-pong numerate da 1 a 14. Sono estratte a intervalli regolari quattro palline. La prima combinazione estratta definisce a chi va la prima scelta. Successivamente si reintroducono le palline e si fa una seconda estrazione di quattro palline che definisce la franchigia con la seconda scelta. Lo stesso processo alla terza volta definisce la squadra che avrà la terza scelta. Ci sono

$$C\binom{14}{4} = \frac{14!}{(14-4)!4!} = \mathbf{1001}$$

combinazioni possibili perché le combinazioni del tipo 4-3-2-1 e 2-3-4-1 sono considerate uguali e la combinazione 11-12-13-14² non viene assegnata a nessuna squadra. In totale quindi ci saranno **1000** combinazioni vincenti. Nel caso in cui sia estratta la stessa combinazione più volte la seconda estrazione viene annullata e verrà ripetuta.

Ad ognuna delle 14 squadre sono assegnate n combinazioni vincenti che possono portare ad avere una delle prime 3 "pick", in base al record stagionale ottenuto nell'anno appena trascorso. La squadra peggiore è così quella con più probabilità di ottenere una delle prime 3 picks, pur senza averne assoluta certezza.

Record	n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	250	0.250	0.215	0.178	0.357										
2	199	0.199	0.188	0.171	0.319	0.123									
3	156	0.156	0.157	0.156	0.225	0.265	0.040								
4	119	0.119	0.126	0.133	0.099	0.351	0.160	0.012							
5	88	0.088	0.097	0.107		0.261	0.360	0.084	0.004						
6	63	0.063	0.071	0.081			0.440	0.305	0.040	0.001					
7	43	0.043	0.049	0.058				0.599	0.232	0.018	0.000				
8	28	0.028	0.034	0.039					0.724	0.168	0.008	0.000			
9	17	0.017	0.020	0.024						0.813	0.122	0.004	0.000		
10	11	0.011	0.013	0.015							0.870	0.089	0.002	0.000	
11	8	0.008	0.009	0.012								0.907	0.063	0.001	0.000
12	7	0.007	0.008	0.010									0.935	0.039	0.000
13	6	0.006	0.007	0.009										0.960	0.018
14	5	0.005	0.006	0.007											0.982

Tabella 2.1: Fonte: <https://www.nbareligion.com>

²In caso di estrazione di questa combinazione verrà effettuata una seconda estrazione

2.3 Mercato NBA

Oltre al (1) draft, le franchigie NBA hanno la possibilità di completare la propria rosa di giocatori (2) firmando giocatori svincolati oppure (3) attraverso due finestre di mercato all'anno, una nel mese di gennaio e una subito successiva al draft, nel mese di luglio.

Il funzionamento dei trasferimenti è molto diverso rispetto quello in Europa; infatti non si tratta il "cartellino", ovvero il costo delle prestazioni del giocatore, ma si devono scambiare (in gergo "*tradare*") contratti per un valore quasi equivalente a quello del giocatore che si riceve. Questo limita le mosse delle squadre molto ricche rispetto ai concorrenti mantenendo un'elevata competitività nella lega. Inoltre tutte le squadre devono sottostare ad un salary cap, ovvero il limite superiore alla somma dei salari percepiti dai giocatori; nella stagione 2018/19 il limite è stato fissato a 99 milioni di dollari. Nella NBA, il cap è definito "soft" in quanto può essere sfiorato fino a 119 milioni di dollari per offrire contratti ai propri giocatori in scadenza; questa possibilità è strettamente regolamentata essendo in via eccezionale. Infine se una franchigia sfiora i 119 milioni entra nel territorio della *luxury tax*, che ha l'obiettivo di disincentivare acquisti sconsiderati che possono distruggere l'equilibrio della squadra e della lega in generale.

Nelle prossime pagine ci si focalizzerà sull'analisi dei giocatori e delle squadre per capire come e se è possibile migliorare il rendimento di squadra attraverso scambi di contratti. I primi due modelli hanno l'obiettivo di catturare i punti di forza che rendono efficiente un giocatore e una squadra rispetto ai concorrenti, mentre l'ultimo modello permette di trovare la miglior combinazione di scambi che una squadra inefficiente dovrebbe effettuare per migliorare le sue prestazioni.

Capitolo 3

I modelli di efficienza

3.1 Ipotesi generali per lo sviluppo dei modelli

In questa sezione si passa a definire le condizioni sotto le quali i modelli sono stati sviluppati e gli obiettivi che si tenterà di raggiungere.

Ci sono alcune osservazioni di cui tener conto.

1. Risultati ottenuti

La prima osservazione riguarda i risultati ottenuti. Questi sono a scopo puramente esemplificativo, in quanto si basano su una selezione di 26 giocatori (e 3 head coach) su un totale di 490 giocatori (e 30 head coach) sotto contratto nelle varie franchigie nella stagione 2017/18. I giocatori selezionati sono stati scelti in base a criteri specifici che saranno chiariti nelle sezioni successive.

Nella selezione sono stati considerati 10 guardie (da ora semplicemente G), 10 ali (da ora F) e 6 centri (da ora C) che meglio rappresentavano il ruolo.

Infine le squadre sono virtuali per facilitare i calcoli e concentrarsi maggiormente sullo sviluppo del modello (da ora in poi, per evitare confusioni, le squadre virtuali saranno definite *teams*).

2. Staticità del modello

il modello considerato è un'analisi ex-post, che si basa su osservazioni reali ricavate dalla NBA regular season 2017/18 compresa tra il 17 ottobre 2017 e il 24 dicembre 2017. Questa scelta controlla il rischio di cambio di franchigia da parte dei giocatori che possono modificare parte dei risultati; infatti cambiando franchigia un giocatore potrebbe ottenere più o meno spazio e minutaggio, oppure potrebbe avere una maggiore o minore compatibilità con la filosofia di gioco o ancora maggiore o minore intesa con i compagni. Questa assunzione è vera solo in questo modello semplificato, poichè non si considerano tutti i player e tutte le franchigie NBA.

3. Sistema delle *giornate*

In *regular* ogni franchigia deve giocare 82 partite, con parecchi back-to-back e turni di riposo. Nella finestra temporale analizzata (di 10 settimane) ogni squadra dovrebbe aver giocato circa 35 partite in media (3.5

partite a settimana- g/w), ovvero più del 40% delle partite totali. Proprio per via dei back-to-back e dei turni di riposo ci sono squadre che hanno giocato 38 partite e altre che ne hanno giocate 33. Di queste partite si è fatta una selezione di 21 "giornate", ovvero spazi in cui ogni franchigia gioca almeno una partita; ci sono giornate che durano 2 giorni e altre che durano 4 giorni. In caso di back-to-back sono stati considerati solamente i risultati ottenuti dalla squadra nella prima partita, senza tenere conto della seconda, in modo tale da equalizzare il numero di partite totali giocate dalle varie squadre e dai vari giocatori, snellendo così i calcoli. Questo sistema si basa sul calendario di Dunkest ³, molto utile per una scansione più precisa dei risultati. Nella tabella successiva è rappresentata la prima giornata; i punteggi dei giocatori delle squadre evidenziate non sono considerati.

18/10	BOS HOU	CLE GSW	99-102 122-121	19/10	ATL DEN MIN POR HOU	DAL UTA SAS PHX SAC	117-111 96-106 99-107 124-76 105-100
19/10	CHA BKN MIA PHI MIL NOP	DET IND ORL WAS BOS MEM	90-102 131-140 109-116 115-120 108- 100 91-103	20/10	CHI NYK LAC	TOR OKC LAL	101-117 84-105 108-92

³Dunkest: campionato di fantabasket della Gazzetta dello Sport

4. Regolamento e sistema di valutazione dei giocatori

Per analizzare le performance sportive di un giocatore ci si rifà ad un sistema di valutazione dei vari indicatori abbastanza diffuso, che definisce pesi diversi in base all'indice considerato. Questo sistema è stato definito da Winston nella sua analisi come *NBA efficiency rating*. Ogni indice ha il suo peso perchè non avrebbe senso definire equivalenti per esempio un tiro da *3pt* e uno da *2pt*, sia per via del peso dei punti sulla partita, sia per il grado di complessità, superiore nei tiri da *3pt*. Allo stesso modo un assist non può valere come un canestro da *2pt*, ma è più influente rispetto ad un tiro libero (che vale *1pt*). Il sistema di valutazione considerato segue il regolamento di Dunkest.

Indice	Specificazione <i>Ita</i>	Specificazione <i>Eng</i>	Punti
PT	Punti	Points	1
RD	Rimbalzi Difensivi	Defensive Rebounds	1
RO	Rimbalzi Offensivi	Offensive Rebounds	1.25
AS	Assist	Assist	1.5
RE	Palle Recuperate	Steals	1.5
Q	Partenza in quintetto base	Lineups	1
DD	Doppia Doppia	Double Double	5
TD	Tripla Doppia	Triple Double	10
QD	Quadrupla Doppia	Quadruple Double	70
V	Vittoria	Win	3
TS	Tiri Sbagliati	Missed Throws	-1
TLS	Tiri Liberi Sbagliati	Missed Free Throws	-1
PP	Palle Perse	Turnovers	-1.5
6F	Sesto Fallo	Sixth Foul	-5
SS	Sconfitta Squadra	Loose	-3

Da questo sistema si sono estrapolati gli indici fondamentali per capire il vero valore del giocatore; sono stati scartati i bonus (*DD, TD, QD, Q, V*) e i malus (*6F, SS*); inoltre sono stati aggregati i tiri sbagliati (*TS*) e i tiri liberi sbagliati (*TLS*) perchè hanno lo stesso peso (-1). In generale quindi l'analisi si basa sui seguenti indici:

Indice	Specificazione <i>Ita</i>	Specificazione <i>Eng</i>	Punti
PT	Punti	Points	1
RD	Rimbalzi Difensivi	Defensive Rebounds	1
RO	Rimbalzi Offensivi	Offensive Rebounds	1.25
AS	Assist	Assist	1.5
PR	Palle Recuperate	Steals	1.5
TS+TLS	Tiri (liberi) Sbagliati	Missed (Free) Throws	-1
PP	Palle Perse	Turnovers	-1.5

Come i giocatori, anche gli allenatori hanno un notevole impatto sui risultati di squadra; in modo semplificativo all'allenatore sono assegnati 3 punti in caso di vittoria e tolti altrettanti in caso di sconfitta della propria franchigia.

Per esempio, se i Golden State Warriors vincono contro i Phoenix Suns,

coach Kerr (head coach di Golden State) riceve 3pt da aggiungere al punteggio della squadra virtuale di cui fa parte, mentre coach Triano (head coach di Phoenix) ne fa perdere altrettanti.

Considerare anche i punteggi ottenuti dagli allenatori è un modo (esemplificativo) per esprimere quantitativamente e integrare nell'analisi la componente tattica e psicologica fornita dagli allenatori, molto difficile da stimare essendo una variabile altamente qualitativa.

Infine ad ogni giocatore e ad ogni head coach (*players*) è associato un prezzo in crediti virtuali ad inizio campionato. Si assume che il valore iniziale non sia modificabile nel lasso di tempo considerato; questa assunzione è verosimile, perché il prezzo di vendita tendenzialmente è contrattato quando vi sono offerte per il giocatore o adeguamenti di contratto, che avvengono nel periodo di mercato.

5. Squadre e metodologia di formazione delle squadre

Le squadre utilizzate (teams) sono virtuali. L'analisi è condotta a partire dai risultati sportivi che giocatori e head coaches hanno effettivamente ottenuto nella fotografia temporale selezionata della NBA regular 2017/18. Ogni squadra è formata da 10 giocatori più un head coach, per un totale di 11 *players* per team. Per regola, ogni team deve avere 4 guardie, 4 ali, 2 centri e 1 head coach.

I teams sono casuali, con ripetizione di *players* (un *player* può "giocare" per più *teams*), ma con un limite massimo di 5 *players* ripetuti in due teams a confronto; in questo modo si limita la ridondanza nei risultati e si possono differenziare i teams a sufficienza.

Per avvicinarsi maggiormente alla realtà, dove le franchigie hanno un tetto salariale che teoricamente non dovrebbe essere sfondato, ogni *team* può spendere per creare la propria rosa (*roster*) non più di 95 crediti virtuali⁴ e non meno di 65.

⁴Crediti virtuali: fungono come unità di valore e scambio per la compravendita di giocatori durante le fasi di trading nei fantacampionati. I crediti sono assegnati ai giocatori a titolo esemplificativo del valore reale di stipendio, diritti di immagine e costo di cartellino. Ogni squadra non può spendere più di 95 Cr né meno di 65 Cr per creare la propria rosa.

Come anticipato, l'obiettivo di questa tesi non è dare risultati effettivi in quanto essa è basata su dati parziali, insufficienti a garantire l'autenticità assoluta delle conclusioni tratte. Per avere una visione più chiara dell'andamento stagionale dei *players* e dei *teams* si dovrebbe considerare l'intera NBA *regular* 2017/18; ancora più importante sarebbe un'analisi temporale delle stagioni passate dei *players*, in modo da valutare se ci sono stati miglioramenti significativi e quali giocatori sono sopravvalutati e quali sottovalutati nel tempo. Nonostante ciò, si può affermare che già nella prima fase di campionato si sono potuti trarre alcuni elementi importanti, soprattutto nell'aspetto di crescita e di decrescita dei singoli rispetto al loro valore in crediti.

Il vero obiettivo di questa tesi è fornire uno strumento per saggiare le prestazioni sportive dei singoli e dei teams sulla base del loro costo. Si sfrutterà quindi la **DEA (Data Envelopment Analysis)** per cercare di identificare quali giocatori siano efficienti rispetto al prezzo fissato ad inizio anno, dati come input gli indici sopracitati. Vi saranno giocatori più propensi a segnare, altri più bravi nella gestione della difesa, altri ancora nell'impostazione.

Successivamente, si proverà ad identificare sotto quale punto di vista i *teams* sono efficienti, utilizzando sempre la DEA.

Perché una squadra possa essere definita efficiente non deve necessariamente vincere il campionato. La valutazione fa riferimento agli obiettivi prefissati dalla franchigia. Infatti vi sono team più votati al bel gioco (con tanti canestri all'attivo), altri più attenti alla difesa e altri ancora concentrati verso la vittoria finale del campionato. L'obiettivo sta nel trovare il punto di forza rispetto al quale il team è effettivamente una squadra efficiente.

Infine attraverso lo sviluppo di un modello innovativo, il **MERM (massimizzazione dell'efficiency rating medio)**, si cerca di fornire una buona soluzione di scambi per incrementare l'efficienza sportiva di una franchigia sotto determinate condizioni.

3.2 DEA (Data Envelopment Analysis) e pallacanestro

In questa sezione ci si occuperà di fornire le nozioni necessarie per comprendere il meccanismo di base della DEA. In particolar modo si darà un'introduzione al concetto di *management science* (una risposta pratica allo studio dei metodi quantitativi), soprattutto nell'area della programmazione lineare.

3.2.1 Definizione del modello

Oggigiorno vi sono sempre più grandi aziende, con strutture sempre più complesse sia dal punto di vista produttivo che organizzativo. Inoltre si sviluppano continuamente imprese multinazionali che hanno sedi produttive, headquarters e punti vendita presenti su diversi paesi. Questo rende estremamente difficoltoso avere delle linee guida organizzative valide in ogni ambito.

È in questo contesto che nasce e si sviluppa la *management science*. Se in passato un imprenditore riusciva a sviluppare la propria fortuna basandosi principalmente sulle proprie conoscenze e sul "fiuto per gli affari", oggi questo è diventato più difficile. Infatti la maggior complessità organizzativa richiede anche strumenti decisionali più strutturati. Si parla di matematica applicata, in quanto vengono usati modelli matematici in grado di dare delle risposte che possono snellire i processi decisionali, ottimizzando le scelte del manager. Spesso si ricorre a fogli di lavoro informatici Excel (*spreadsheet models*).

Quando si parla di ottimizzazione in termini quantitativi si deve tener conto di tre elementi comuni a tutti i modelli:

- **Variabili di decisione:** sono le variabili i cui valori influiscono sull'output e che il decisore può scegliere. Nel foglio di lavoro le variabili di decisione sono rappresentate dalle *changing cells*.
- **Funzione obiettivo:** rappresenta la funzione da ottimizzare (massimizzare o minimizzare in base allo studio che si sta eseguendo). Nel foglio di lavoro è rappresentato dalle *target cells*.
- **Vincoli:** nella maggior parte dei casi il modello è sottoposto a vincoli e si parla quindi di ottimizzazione vincolata. Spesso nelle analisi economiche sono presenti vincoli standard di non-negatività. Sono molto importanti, soprattutto, quando si costruiscono modelli basati su prezzi e quantità, che generalmente non possono essere negative. Nel foglio di lavoro sono rappresentati dai *constraints*.

Dopo aver costruito il modello, si passa alla fase di ottimizzazione. In questa fase si trovano le soluzioni che massimizzano o minimizzano il modello sotto i vincoli posti. Si trovano così:

- **Soluzioni ammissibili:** soddisfano tutti i vincoli.
- **Regione ammissibile:** l'insieme delle soluzioni ammissibili.
- **Soluzione ottima:** soluzione ammissibile che ottimizza il modello. Può non essere unica.

Vi sono numerosi modelli di ottimizzazione che possono essere applicati in diversi casi. Si fa riferimento in particolar modo a modelli di programmazione lineare e non-lineare, molto usati nelle imprese per risolvere problemi di vario genere.

La DEA è uno dei numerosi modelli della programmazione lineare; il suo scopo è quello di analizzare l'efficienza di una organizzazione relativamente alle altre organizzazioni concorrenti. È utilizzata per fissare dei benchmark e individuare le "migliori pratiche" in base ai risultati delle imprese efficienti.

In questo modello lo scopo è mostrare ogni singola organizzazione sotto la miglior luce possibile. Per far ciò si vuole attribuire un prezzo ad ogni input e ad ogni output affinché l'organizzazione, dato il sistema dei prezzi, sia la più efficiente nel settore. L'efficienza è valutata come

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n p_i OUT_i}{\sum_{j=1}^m p_j IN_j}$$

p_i = prezzo unitario i-esimo Output

p_j = prezzo unitario j-esimo Input

OUT_i = prezzo unitario i-esimo Output

IN_j = prezzo unitario j-esimo Input

ovvero valore totale degli output diviso il prezzo totale degli input.

Nell'applicazione della DEA si deve tener conto di 3 aspetti:

- $\sum_{i=1}^n p_i OUT_i \leq \sum_{j=1}^m p_j IN_j$, da cui $E \leq 1$. Infatti nessuna organizzazione può essere efficiente più del 100%.
- Se $E < 1$ l'organizzazione non è efficiente; i ricavi ottenuti dagli output sono inferiori al costo degli input.
- I prezzi degli input e i ricavi ottenuti dagli output devono sottostare al vincolo di non-negatività.

Una volta ottenuta l'ottimizzazione (che equivale alla massimizzazione dell'efficienza), se la società è inefficiente significa che non esiste nessun vettore di ricavi degli output che riesca a coprire la somma dei prezzi per gli input.

Con l'applicazione del modello DEA nel mondo della pallacanestro, l'obiettivo è di ottenere l'efficienza economica dei teams e di ogni singolo giocatore, fissando come base il costo ad inizio periodo dei giocatori e il loro andamento in campo nel periodo considerato.

3.2.2 Selezione del campione e definizione delle giornate

Volendo dimostrare l'utilità dei metodi quantitativi negli sport, si è selezionato un campione di giocatori più rappresentativi per ruolo in campo e nelle squadre. Per avere un campione il più possibile aderente alla realtà, si è cercato di individuare una selezione di giocatori che fossero abbastanza rilevanti per i risultati ottenuti a prescindere dal loro livello di popolarità.

È comune che vi siano giocatori sopravvalutati e sottovalutati per via dei processi psicologici che avvengono nella mente degli spettatori. I giocatori hanno responsabilità enormi per i tifosi, perciò il comportamento nelle situazioni più

difficili delle partite e l'andamento generale nella stagione, oltre che ad un buon piano marketing per i propri diritti di immagine, sono elementi fondamentali per la loro carriera e per la fiducia che i tifosi ripongono in loro.

I fans analizzano i giocatori secondo alcuni criteri psicologici personali, pressochè legati ad un insieme di fattori concernenti non tanto la prestazione in generale del giocatore, ma soprattutto la sua *spettacolarità*, molto spesso legata alle proprie abilità offensive.

Questo aspetto è molto importante anche per capire il "costo" delle prestazioni di un giocatore: un giocatore amato dal pubblico può sfruttare la maggiore visibilità per ottenere un contratto migliore, il che gonfia il suo costo rispetto ai benefici che la squadra effettivamente ottiene con lui in campo.

Per valutare le capacità offensive nel Basket (più facilmente analizzabili rispetto a quelle difensive), John Hollinger⁵ ha sviluppato una scala indicizzata che raccoglie in un unico numero le capacità realizzative del cestista considerato, il *Player Efficiency Rating* (PER⁶).

Un giocatore può risultare migliore agli occhi dei tifosi se ha capacità di trascinare la squadra nei momenti più difficili.

Un esempio tipico è Draymond Green, in forza ai Golden State Warriors. Tre volte All-Star, ha percentuali realizzative decisamente inferiori rispetto al suo valore attuale, come indica il suo coefficiente PER di appena 15.7 in carriera (16.1 nella stagione 2017/18).

Green ha costruito un'ottima immagine intorno a sé legata al sudore, alla difesa, al sacrificio e al gioco di squadra, tutte caratteristiche che lo rendono estremamente determinante nell'immaginario degli spettatori, ma secondo la scala di efficienza redatta da Hollinger non sarebbe che un giocatore appena sopra la media.

Esempio contrario invece è rappresentato da David West, compagno di Draymond Green nei Warriors, forte di un coefficiente PER pari a 18.6 (quest'anno addirittura 20.9). Teoricamente dovrebbe essere lui il terzo violino della franchigia dietro a Kevin Durant e Steph Curry, addirittura davanti a Klay Thompson (16.3, quest'anno 16.1), ma nell'immaginario dei tifosi non ha lo stesso appeal di Thompson e Green.

Per scegliere i giocatori più rappresentativi nel loro ruolo per la ricerca ci si è basati su alcuni criteri di selezione:

1. **Player Efficiency Rating**, che rappresenta la qualità offensiva del singolo giocatore, più facilmente analizzabile dal punto di vista statistico. Infatti, mentre il gioco offensivo si può facilmente esprimere in punti, assist, rimbalzi e palle perse (coefficiente negativo), nella fase difensiva, oltre che stoppate e palle recuperate, vi sono aspetti molto meno classificabili statisticamente, ma che hanno un peso enorme sul campo, come per esempio il posizionamento. Un buon difensore deve riuscire sempre a schierarsi tra il giocatore avversario e il canestro e cercare in tutti i modi di non

⁵John Hollinger: vice presidente delle operazioni cestistiche per i Memphis Grizzlies. Precedentemente è stato un'opinionista per *ESPN*

⁶il Player Efficiency Rating, o comunemente PER, è un coefficiente di performance di gioco per minuto standardizzato; è molto utilizzato per il gioco di front-court, ovvero la fase offensiva di gioco. Non è un indice efficiente per indagare più a fondo nelle performance difensive, soprattutto perché i principali coefficienti difensivi (palle recuperate e stoppate) non sono sufficienti a definire le azioni di back-court (fase difensiva). Un giocatore medio in NBA ha come coefficiente di efficienza 15.00 PER

perdere posizione.

Inoltre, conta molto anche la visione tattica dei propri compagni di squadra; è necessaria la capacità di accorgersi quando un compagno è in difficoltà, quando chiamare un cambio di marcatura e quando uscire sul portatore di palla, o ancora quando uscire dai blocchi.

Tutti questi tatticismi non possono essere rilevati statisticamente in modo efficiente. Inoltre è il gioco offensivo che promette spettacolo ai tifosi e che li fidelizza più facilmente, perciò è necessario analizzare prima di tutto questa fase del gioco.

Specificazione Hollinger	Punteggio PER
Stagione <i>All-time</i>	35,0+
Probabile MVP	30.0 - 35.0
Candidato MVP	27.5 - 30.0
Outsider alla lotta MVP	25.0 - 27.5
All-star consacrata	22.5 - 25.0
All-star in divenire	20.0 - 22.5
Seconda opzione offensiva	18.0 - 20.0
Terza opzione offensiva	16.5 - 18.0
Appena sopra la media	15.0 - 16.5
Negli schemi di rotazione	13.0 - 15.0
Fuori schemi di rotazione	11.0 - 13.0
Outsider alla rotazione	9.0 - 11.0
Non rimarrà a lungo in NBA	0 - 9.0

Tabella 3.1: Fonte: <http://insider.espn.com>

2. **Rapporto punteggio totalizzato dal giocatore e il suo prezzo in data 24 dicembre 2017.** Questo rapporto misura quanti punti efficienza (secondo la scala indicizzata Dunkest) crea un giocatore per ogni credito speso per acquistarlo. È un indice significativo ma non abbastanza preciso per essere definitivo, perché avvantaggia i giocatori sottovalutati e le riserve in quanto non considera il tempo speso in campo. Aron Baynes di Boston ha un coefficiente punti-prezzo più alto fra i centri della lega (41.57), nonostante sia il centro di riserva, dietro ad Al Horford (36.41). In questa speciale classifica LeBron James (37.83) è 12esimo tra le ali, dietro a TJ Warren di Phoenix (37.94) e Dillon Brooks di Memphis (38.52), non esattamente paragonabili in termini di influenza nei risultati di squadra.
3. **Peso nelle squadre.** Giocatori del calibro di LeBron James, James Harden e Russell Westbrook sono gli elementi per cui le squadre regolarmente avanzano alle fasi della playoff season e possono competere per il titolo. A prescindere dai loro risultati ottenuti alla data di chiusura del periodo analizzato, i leader principali della lega devono essere presenti nella selezione.

Simili criteri sono stati applicati anche per la scelta dei tre head coaches selezionati. In particolare si sono identificati tre macro-gruppi di squadre nella lega:

- **alta classifica:** sono le squadre che puntano al titolo. Gli allenatori di questo segmento sono fenomenali nella gestione dei talenti e perciò hanno un prezzo più elevato.
- **media classifica:** sono le squadre che lottano per una posizione ai playoff. Gli allenatori di questa fascia sono allenatori emergenti e ambiziosi.
- **bassa classifica:** sono le squadre che non hanno niente da chiedere al campionato, perché hanno progetti di ricostruzione a lungo termine. Generalmente sono squadre che puntano a risollevarsi negli anni successivi, soprattutto puntando sulle scelte al draft successivo.

Da ogni macro-gruppo è stato poi selezionato l'allenatore della squadra più rappresentativa; le scelte sono ricadute su coach Kerr di Golden State, vincitore l'anno scorso dell'anello NBA, coach McMillan degli Indiana Pacers, una squadra che ha venduto il suo uomo franchigia Paul George per rifondare il collettivo, e coach Triano dei Phoenix Suns, squadra con tanti giovani talentuosi ma con una grande necessità di crescere.

Player	Ruolo	Cr a fine periodo	E-rate a fine periodo	Punti per Credito
Anunoby	A	5.4	206.25	38.19
Bell	A	8.1	273.25	33.73
Brooks	A	4.4	169.5	38.52
Durant	A	21.9	696.5	31.80
James	A	26.3	995	37.83
Kuzma	A	9.9	388	39.19
Sabonis	A	9.8	371.5	37.91
Simmons	A	16.2	646	39.88
Tatum	A	11.0	440.5	40.05
Theis	A	4.7	169.75	36.12
Baynes	C	5.9	245.25	41.57
Cousins	C	20.2	803	39.75
Kanter	C	14.0	546.25	39.02
Lopez	C	9.6	338.75	35.29
Poeltl	C	7.1	288.5	40.63
Towns	C	19.1	677.75	35.48
Collison	G	12.4	480.5	38.75
Dinwiddie	G	11.1	461	41.53
Harden	G	22.9	811.5	35.44
Irving	G	17.3	581.5	33.61
Jack	G	7.2	266	36.94
Lamb	G	8	334.5	41.81
Mitchell	G	8.3	297.25	35.81
Murray	G	5.4	224.5	41.57
Vanvleet	G	6.4	217	33.91
Westbrook	G	23.7	826.25	34.86
Kerr	HC	11	325.1	29.55
McMillan	HC	6	201.19	33.53
Triano	HC	5	52.88	10.58

Tabella 3.2: La selezione di 29 *players*; consiste in 10 guardie, 10 ali, 6 centri e 3 allenatori

Una volta selezionati i giocatori, si è passati alla creazione di una apposita banca dati, specchio dei risultati dei 29 player selezionati in ognuna delle 21 giornate considerate. Nella tabella è rappresentata la griglia della prima giornata.

Nella colonna "E-rate" i punteggi totali non rappresentano solamente il numero di canestri segnati, ma l'apporto dei giocatori alla partita. Il calcolo dei punti totali segue la formula

$$E-rate_i = 1*(PT)+1*(RD)+1.25*(RO)+1.5*(AS)-1(TS)+1.5*(PR)-1.5*(PP)$$

dove i coefficienti rappresentano l'impatto dell'azione giocata sulla partita e E-rate indica l'efficiency rating dell'n-esimo giocatore.

Player	Ruolo	Squadra	W(HC)	L(HC)	PT	RD	RO	AS	TS	PR	PP	E-rate
Anunoby	A	TOR			9	1	2	2	0	0	0	15.50
Bell	A	GSW			8	1	0	1	1	0	1	8.00
Brooks	A	MEM			19	3	2	2	10	4	2	20.50
Durant	A	GSW			20	4	1	7	12	0	8	11.75
James	A	CLE			29	15	1	9	11	0	4	41.75
Kuzma	A	LAL			8	2	2	1	8	2	0	9
Sabonis	A	IND			16	3	4	1	1	0	1	23.00
Simmons	A	PHI			18	7	3	5	9	2	1	28.00
Tatum	A	BOS			14	6	4	3	8	0	1	20.00
Theis	A	BOS			0	0	0	0	0	0	0	
Baynes	C	BOS			6	3	2	1	2	0	2	8
Cousins	C	NOP			28	8	2	2	19	0	4	16.50
Kanter	C	NYK			10	5	2	1	6	3	4	11.50
Lopez	C	CHI			18	4	4	2	9	1	1	21.00
Poeltl	C	TOR			2	5	0	0	1	1	3	3.00
Towns	C	MIN			18	11	2	1	8	2	2	25.00
Collison	G	IND			21	1	2	11	6	2	2	35.00
Dinwiddie	G	BKN			2	2	1	4	5	0	2	3.25
Harden	G	HOU			27	5	1	11	18	1	3	28.75
Irving	G	BOS			22	2	2	10	14	3	2	29.00
Jack	G	NYK			0	0	0	0	0	0	0	
Lamb	G	CHA			15	4	0	2	10	1	2	10.50
Mitchell	G	UTA			10	1	0	4	10	0	3	2.50
Murray	G	SAS			16	3	2	2	1	2	2	23.50
Vanvleet	G	TOR			2	1	0	2	6	1	2	-1.50
Westbrook	G	OKC			21	8	2	16	9	0	7	36.00
Kerr	HC	GSW		1								-3
McMillan	HC	IND	1									3
Triano	HC	PHX		1								-3

Tabella 3.3: Risultati di ogni *player* nella prima giornata secondo calendario Dunkest

3.2.3 Analisi dei giocatori

Utilizzando il modello DEA per ogni singolo giocatore è possibile trovare il set di prezzi di input e output che massimizza la sua efficienza in termini sportivi rispetto al suo prezzo in crediti virtuali. Mentre l'output del modello sarà il prezzo in crediti all'inizio del periodo (Cr), gli input saranno:

- Media tiri segnati per partita (Tse)
- Media tiri sbagliati per partita (Tsb)
- Media assist per partita (AS)
- Media rimbalzi per partita (RB)
- Media palle recuperate per partita (PR)
- Media palle perse per partita (PP)

ovvero i principali indici di performance dei giocatori in media per partita. Si noti che rispetto ad altri sport come il calcio e il baseball, i punteggi nel basket sono spesso nell'ordine delle centinaia; ciò rende meno immediata la lettura dei risultati del modello, perciò si preferisce utilizzare l'indice medio per partita.

Player	E-rate	Prezzo	Player	E-rate	Prezzo	Player	E-rate	Prezzo
Anunoby	6.46	4	Collison	18.70	8.5	Baynes	8.13	4.5
Bell	9.26	4.5	Dinwiddie	15.98	4.5	Cousins	28.17	15
Brooks	5.69	4	Harden	26.43	19.5	Kanter	21.46	8.5
Durant	23.36	18.5	Irving	20.99	16.5	Lopez	14.31	9
James	35.45	19	Jack	10.71	4	Poeltl	10.42	4
Kuzma	14.43	5	Lamb	12.95	5.5	Towns	22.74	16.5
Sabonis	14.68	7.5	Mitchell	9.04	4	Kerr	2.14	11
Simmons	24.36	10	Murray	8.67	4.5	McMillan	0.71	6
Tatum	15.79	7.5	Vanvleet	7.63	4.5	Triano	-0.43	4.9
Theis	5.18	4.5	Westbrook	27.73	20			

Paradossalmente, per ottenere l'ottimizzazione dei giocatori in termini di costi-benefici, si selezionano i player inefficienti rispetto al loro prezzo; infatti, un giocatore efficiente nei propri score rispetto al prezzo ha valore equo per le sue prestazioni. Un giocatore inefficiente, invece, potrebbe essere sottovalutato rispetto al prezzo di riferimento e ciò permetterebbe di ottenere prestazioni superiori rispetto al prezzo pagato, che è quanto i GM tentano di ottenere. Nell'arco temporale osservato, il giocatore più interessante è Enes Kanter, poiché è il meno efficiente rispetto al suo valore in crediti.

Degno di nota in questa classifica è sicuramente LeBron James, protagonista di una stagione assolutamente stupefacente. Nonostante, infatti, abbia uno dei prezzi più alti (19 Cr) è il quarto giocatore più sottovalutato dell'intera selezione. Infine sono da sottolineare anche le performances di Darren Collison, leader di gioco silenzioso ad Indiana, uno dei giocatori più sottovalutati della lega perché non è un giocatore "spettacolare", ma sicuramente è un elemento fondamentale per la costruzione di gioco.

Facilmente prevedibile invece è l'efficienza di altri due grandi della lega come Westbrook e Harden; i 20 crediti da spendere per assicurarsi le loro prestazioni sono sicuramente equi e difficilmente migliorabili, soprattutto perché essendo guardie tiratrici devono realizzare tanti tiri da 3 punti, con più alto coefficiente di difficoltà e con maggior numero di tiri sbagliati.

Infine è sorprendente l'efficienza rispetto al prezzo di Kyle Kuzma (4 Cr), rookie di Los Angeles selezionato con la 27esima scelta assoluta. Ad inizio anno ha ottenuto minutaggio in seguito all'infortunio di Brandon Ingram, il titolare nella sua posizione, e si è dimostrato fin da subito un ottimo acquisto per la squadra, soprattutto per le sue straordinarie capacità di protezione del canestro e di penetrazione dell'area avversaria. Queste caratteristiche però non sono ben rappresentate da questo modello che descrive solo parzialmente il giocatore.

Il modello è sviluppato in Excel, attraverso l'estensione Solver. I risultati conseguiti sono presentati nella tabella successiva. In particolare, solo 8 giocatori non sono efficienti rispetto al loro prezzo.

Player	Tse	Tsb	AS	RB	PR	PP	Cr	Efficienza (%)
James	0.063			0.033	0.047		0.042	80.14%
Durant	0.078		0.004	0.044	0.050		0.054	100%
Simmons	1.492		0.409	0.385		3.825	0.100	100%
Tatutm	0.048	0.014	0.364	0.145		0.199	0.106	79.14%
Sabonis	0.206		0.575	0.355	0.758	1.609	0.133	100%
Kuzma	0.554	0.637	0.680	0.202	2.699		0.200	100%
Bell	1.054		0.572	0.327		2.729	0.206	92.80%
Theis	0.390	0.003		0.160			0.222	100%
Anunoby	0.545	0.213	0.341	0.219		0.930	0.250	100%
Brooks	0.364	0.066	0.589	0.397		0.930	0.250	100%
Towns	0.160	0.111	0.171	0.058	0.113		0.061	100%
Cousins	0.341		0.185	0.106		0.882	0.067	100%
Lopez	0.117		0.175	0.166	0.282	0.378	0.111	91.81%
Kanter			0.394	0.063	0.202		0.090	76.88%
Baynes	0.308			0.128		0.007	0.176	79.41%
Poeltl	0.146		0.887	0.481	0.285	1.280	0.250	100%
Westbrook	0.221	0.088			0.381		0.050	100%
Harden	0.088			0.037			0.051	100%
Irving	0.092		0.010	0.049			0.061	100%
Collison	0.181			0.076			0.105	89.11%
Lamb	2.078	1.868	0.876		7.932		0.182	100%
Dinwiddie	3.999	1.783	0.267				0.222	100%
Vanvleet	0.347	0.003		0.143			0.198	89.08%
Murray	1.121		0.016			1.076	0.222	100%
Mitchell	0.710	0.781	0.806	0.249	3.236		0.250	100%
Jack	0.667			0.529	5.072	2.728	0.250	100%

Tabella 3.4: Risultati ottenuti tramite analisi DEA per ogni singolo giocatore del campione

3.2.4 Analisi delle squadre

Le squadre sono estratte casualmente e con ripetizione di giocatori, fino ad un massimo di 5 giocatori uguali fra 2 squadre. Ogni squadra deve essere formata da 4 guardie, 2 centri, 4 ali e 1 allenatore. Nella selezione considerata vi sono rispettivamente 10 guardie, 6 centri, 10 ali e 3 allenatori.

In generale vi possono essere le seguenti combinazioni possibili:

$$C\binom{10}{4} * C\binom{6}{2} * C\binom{10}{4} * C\binom{3}{1} = 210 * 15 * 210 * 3 = 1984500$$

L'estrazione è vincolata al numero di giocatori per ruolo necessari a formare il team e al numero massimo di ripetizioni di players tra le squadre.

Il programma realizzato in R-studio (vedi allegato) ha lo scopo di scaricare una lista di $n = 10$ squadre che soddisfano i vincoli sopra citati.

Successivamente è stato creato un campionato virtuale per simulare l'andamento delle squadre lungo l'arco di tempo analizzato.

Nelle tabelle sottostanti si evidenziano le 10 squadre create, le prime 2 giornate del campionato simulato e la classifica finale.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	L
74.4	94.9	79	79	73	76.4	89	90.5	66	67.9
Kuzma Brooks Sabonis Bell	Bell Brooks Durant Sabonis	Simmons Theis Brooks Sabonis	Tatum Brooks Sabonis Theis	Bell Tatum Anunoby Theis	Theis Sabonis Anunoby Kuzma	Kuzma Tatum James Anunoby	James Bell Kuzma Theis	Bell Brooks Kuzma Anunoby	James Theis Brooks Anunoby
Lopez Kanter	Poeltl Cousins	Poeltl Baynes	Kanter Poeltl	Cousins Lopez	Baynes Lopez	Baynes Poeltl	Kanter Lopez	Poeltl Townes	Poeltl Kanter
Lamb Irving Dinwiddie Murray Triano	Mitchell Harden Murray Collison Triano	Jack Vanvleet Harden Lamb Kerr	Harden Dinwiddie Jack Mitchell McMillan	Dinwiddie Murray Mitchell Vanvleet Kerr	Harden Dinwiddie Collison Vanvleet Triano	Lamb Mitchell Murray Westbrook Kerr	Jack Vanvleet Lamb Westbrook McMillan	Lamb Mitchell Collison Jack McMillan	Lamb Dinwiddie Vanvleet Murray Triano

Giornata	Casa	Trasferta
1	B	A
1	C	L
1	I	D
1	E	H
1	G	F
2	A	C
2	D	B
2	L	E
2	F	I
2	H	G

Team	Posizione	Punti
B	1	38
G	2	34
H	3	28
A	4	22
D	5	20
F	6	20
E	7	16
L	8	12
C	9	10
I	10	10

Come nel caso dei singoli giocatori, anche in questo caso per calcolare l'efficienza sportiva della squadra rispetto ai crediti spesi per formarla è necessario

cercare un set di prezzi per gli input e gli output che massimizzi l'*E-rate* nel modello DEA. In questo caso l'input è il totale dei crediti spesi, mentre la selezione degli output è ricaduta sulle strategie principali che una franchigia generalmente tende a seguire per essere competitiva, ovvero:

- Numero di vittorie nel campionato simulato (n wins)
- Media della differenza punti per partita, ovvero lo scarto con cui la squadra ha vinto o perso (Δ punti)
- Media efficienza offensiva per partita, ovvero il numero di punti segnati per partita (eff off)
- Media efficienza difensiva per partita, ovvero il numero di punti subiti per partita (eff dif)

Il modello è stato sviluppato in Excel, tramite Solver. Nella Tabella 3.5 si possono trovare i risultati ottenuti.

I risultati conseguiti non sono sorprendenti: indicano come benchmark il team B, vincitore del campionato e il team A, che a fronte di una spesa di 74,4 Cr a metà stagione si ritrova in quarta posizione. Il team I è efficiente rispetto al suo prezzo grazie alla sua efficienza offensiva, migliore di L e C, che spendono entrambi una cifra superiore per mantenere il loro roster.

Il team meno performante in assoluto è il team C, il che non è sorprendente essendo ultimo in campionato a metà stagione a pari punti con la squadra I, ma ha una spesa di 13 Cr superiore rispetto al diretto concorrente.

Team	Cr	n Wins	Δ Punti	eff off	eff dif	Efficienza (%)
A	0.0134	0.0126		0.0069		100%
B	0.0105		0.0571			100%
C	0.0126		0.0010	0.0076		82.05%
D	0.0126			0.0089	0.0006	96.11%
E	0.0137			0.0089	0.0006	92.69%
F	0.0130		0.0011	0.0078		94.11%
G	0.0112	0.0106		0.0058		98.14%
H	0.0110	0.0104		0.0057		87.92%
I	0.0151			0.00897		100%
L	0.0147		0.0012	0.0088		94.53%

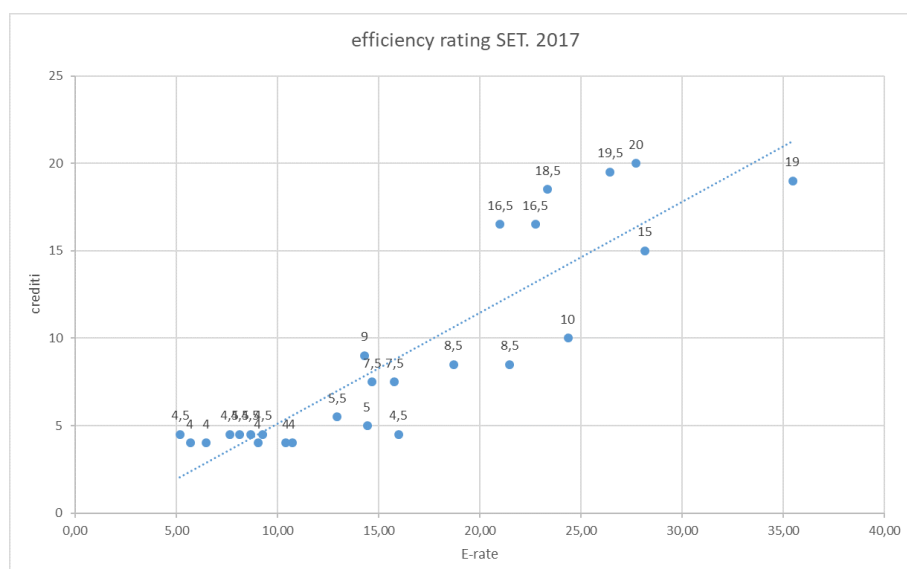
Tabella 3.5: Risultati ottenuti tramite analisi DEA per ogni singola squadra estratta casualmente

3.3 MERM (Massimizzazione Efficiency Rating Medio)

La DEA nell'ambiente cestistico potrebbe essere un buon punto di partenza per le scelte dei General Manager delle franchigie durante le fasi di mercato. Infatti a livello dei singoli giocatori permette di individuare i talenti sottovalutati su cui si può puntare e quali giocatori invece potrebbero essere tagliati dal roster perché troppo onerosi in termini di rapporto costi-benefici sportivi.

In tal senso può anche essere utile un'analisi grafica, che permette di scremare i giocatori performanti rispetto al prezzo. Occorre stimare la linea di tendenza di equilibrio tra crediti ed efficiency rating. Nell'area sottostante vi sono i giocatori sottovalutati, viceversa nell'area soprastante si trovano i giocatori sopravvalutati.

Una volta fissati i benchmark tramite il modello DEA e assumendo che la squadra punti a migliorare la sua efficienza nel campionato corrente, il general manager deve avere come obiettivo primario l'acquisto dei giocatori tali da avvicinarsi il più possibile ai record delle squadre efficienti.



3.3.1 Definizione del modello

Nel caso studiato assumiamo che i teams nel modello non possano aumentare il proprio livello di spesa; infatti nella finestra di mercato invernale è più difficile avere spazio salariale a disposizione per mettere sotto contratto nuovi giocatori. Inoltre, si considera che il numero di players nel team sia costante, questo comporta che ogni squadra può cambiare il proprio roster solamente tramite scambi di giocatori con altre squadre (in gergo cestistico, "*via trade*"). Infine si assume perfetta mobilità di tutti i players, compresi anche gli head coaches.

Lo scopo del modello studiato è di massimizzare l'efficiency rating medio della squadra (MERM), risultato della somma lineare dei singoli efficiency rating medi; la somma lineare è possibile solo se si assume che tutti i componenti di collaborazione fra compagni e competizione fra squadre possano essere ben inseriti nel calcolo dell'efficiency rating.

Per ottenere dei miglioramenti in termini sportivi (nel modello rappresentabile attraverso l'indice e-rate) è necessario trovare la migliore combinazione di scambi che una squadra dovrebbe effettuare.

Essendo un modello di massimizzazione non lineare, in particolare combinatorio, è necessario impostare il Solver evoluzionario (Evolutionary Solver). La soluzione non garantisce, quindi, il miglior risultato possibile, ma ottiene soluzioni sufficientemente buone.

Il programma assegna casualmente 1/0 nella colonna *player* e seleziona solamente i giocatori cui è assegnato valore pari a 1; controllando i vincoli sui crediti, somma linearmente il valore degli E-rate dei singoli giocatori presenti nella rosa della squadra. Se l'indice dell'evoluzione precedente è inferiore a quella successiva, allora l'E-rate di questa nuova generazione diventerà il nuovo massimo. I cicli si susseguono fino a convergenza, nell'ordine dei decimali; infine è importante vincolare la scelta combinatoria strettamente ai soli interi (0 o 1).

3.3.2 Esempio applicato al campione

Per mostrare il funzionamento del MERM si considera il team meno efficiente nella lega virtuale creata, il team C, che presenta:

- E-rate medio: 128
- indice di efficienza E : 82.05%
- Crediti spesi: 79

Essendo un team non efficiente, può modificare il roster tramite scambi per migliorare le performance. Un primo esempio consiste nel massimizzare l'E-rate della squadra sotto il vincolo che il prezzo in crediti virtuali sia al massimo uguale ai crediti finora spesi ($65 < Cr < 79$); in questo modo si ottiene una soluzione ottima che permette anche un risparmio.

Una buona soluzione sotto queste condizioni sarebbe quella di scambiare:

- Ali: Theis e Brooks per Kuzma e Tatum
- Centri: Baynes per Towns
- Guardie: Vanvleet e Harden per Collison e Dinwiddie
- Coach: Kerr per Triano

Altro esempio potrebbe essere quello di massimizzare l'E-rate sotto il vincolo che la spesa totale rimanga costante ($Cr=79$); questa azione è meno conveniente della precedente lasciando meno spazio di manovra perché restringe i vincoli, ma ha il suo punto di forza nella facilitazione degli scambi: un mercato dei giocatori che in totale non cambiano i costi potrebbe convincere altre squadre a scambiare più facilmente.

Una buona soluzione in tal senso potrebbe essere:

- Ali: Theis, Brooks e Sabonis per Anunoby, Bell e Tatum
- Centri: Poeltl per Lopez
- Guardie: Vanvleet e Harden per Collison e Irving
- Coach: Kerr per McMillan

Questi due primi esempi sono di facile comprensione, ma presentano un'ipotesi molto forte, ovvero la perfetta mobilità degli head coach. Si è osservato che tendenzialmente un allenatore NBA resta mediamente per oltre 4 anni sulla propria panchina, il che rende i vincoli dei modelli precedenti troppo ampi. Gli scambi si dovrebbero concentrare generalmente solo sui giocatori.

Tenendo conto della condizione di parità di valore di scambi ($Cr=79$) e inserendo il nuovo vincolo di immobilità degli allenatori, una buona soluzione per il team C potrebbe essere:

- Ali: Brooks e Theis per Bell e Tatum
- Centri: Baynes per Towns
- Guardie: Vanvleet e Harden per Mitchell e Murray

Team C	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Brooks	<i>Kuzma</i>	<i>Anunoby</i>	<i>Bell</i>
Sabonis	Sabonis	<i>Bell</i>	Sabonis
Simmons	Simmons	Simmons	Simmons
Theis	<i>Tatum</i>	<i>Tatum</i>	<i>Tatum</i>
Baynes	<i>Towns</i>	Baynes	<i>Towns</i>
Poeltl	Poeltl	<i>Lopez</i>	Poeltl
Harden	<i>Collison</i>	<i>Collison</i>	<i>Mitchell</i>
Jack	Jack	Jack	Jack
Lamb	Lamb	<i>Irving</i>	Lamb
Vanvleet	<i>Dinwiddie</i>	Vanvleet	<i>Murray</i>
Kerr	<i>Triano</i>	<i>McMillan</i>	Kerr

	n scambi	Cr	E-rate
Team C		79	128
<i>Caso 1</i>	7	77.9	160.32
<i>Caso 2</i>	7	79	137.06
<i>Caso 3</i>	5	79	140.75

Il modello è descrittivo *ex-post*: un'analisi di questo genere è un buon punto di partenza per capire l'andamento dei giocatori, i loro risultati pregressi e in generale le loro peculiarità soprattutto in fase offensiva, ma ciò non garantisce che in futuro i giocatori si comporteranno sul campo nello stesso modo rispetto al passato. MERM garantisce di trovare una soluzione approssimativamente ottima nel periodo analizzato, ma è incapace di formulare aspettative sul futuro. Intrinseca nell'analisi con MERM è l'ipotesi che il passato abbia una correlazione positiva con il futuro.

In pratica MERM dà una valutazione degli scenari futuri in cui vi sono scostamenti limitati rispetto al passato. Questo approccio che può sembrare poco utile, in quanto presenta vincoli molto forti e lo scenario ipotizzato può talvolta distaccarsi dalla realtà che si osserverà, è allo stesso tempo un'ottima base su cui i general manager possono iniziare a muoversi sui mercati con criterio e metodo, lasciando meno spazio possibile al caso.

Per avere una valutazione efficace di un giocatore o di un allenatore non bastano 21 partite o una piccola porzione di stagione, ma sarebbe necessario controllare l'andamento nel corso degli anni, seguendo i trend di crescita degli indici del giocatore e la sua evoluzione psicologica-qualitativa, due elementi fortemente correlati fra loro.

Capitolo 4

Conclusione

4.1 Sport e analisi quantitativa

Negli ultimi anni si sta sviluppando un rapporto sempre più interessante tra le analisi quantitative e lo sport, dove si cercano statistiche e andamenti stagionali dei giocatori e delle squadre per caratterizzare e successivamente aiutare a migliorare le loro prestazioni. Inoltre, poiché lo sport è un hobby di cui quasi tutti conoscono i principi di base e le nozioni elementari, spesso nell'insegnamento ci si rifà ad esempi sportivi per rendere più chiari concetti statistici che altrimenti sarebbero astratti e di più difficile comprensione.

Nelle università degli USA molto spesso sono usati esempi riguardanti il baseball, che è strettamente legato alle statistiche dei singoli giocatori individualmente valutati secondo indici di attacco e difesa.

Questa curiosa attenzione al mondo del baseball ha portato all'invenzione della *Sabermetrica*, ovvero lo studio di questo sport tramite statistiche, che mira a stabilire il valore presente e futuro di un giocatore sulla base di dati e serie storiche.

La *sabermetrica* ha portato importanti innovazioni nello sport, soprattutto dopo il successo conseguito dalla coppia Billy Beane e Peter Brand, GM degli Oakland Athletics. Nel 2002 iniziò una collaborazione del tutto innovativa e fuori dagli schemi che portò a rivalutare tutti i giocatori; in particolare, decisero di selezionare gli acquisti da fare con riferimento all'indice *on base percentage* (OBP), ovvero il numero di volte che un giocatore riesce a conquistare una base senza l'aiuto di penalità ogni 100 tentativi. Sulla base di questo indice e sulla loro popolarità crearono una griglia di giocatori che puntava a sottolineare e favorire quelli "difettosi", ovvero quei giocatori poco apprezzati dal pubblico ma con alto coefficiente OBP. Crearono quindi una squadra estremamente efficiente ed efficace, contenendo i costi di salario ben al di sotto del massimo a loro concesso e riuscendo ad infrangere il record di vittorie consecutive in una stagione, arrivando a 20.

Il fenomeno venne chiamato *Moneyball* e successivamente fu ripreso dai Boston Red Sox, che riuscirono a vincere il titolo basandosi su questa teoria.

Moneyball ha aperto il mondo sportivo alle statistiche e alle analisi quantitative, inizialmente utili strumenti descrittivi, ora sempre più usate anche dagli head coaches per massimizzare gli sforzi collettivi. Il modo più efficace di misurare

le performance di un giocatore è calcolare la sua abilità di aiutare la squadra nel far più punti rispetto agli avversari; in particolare, nel basket esiste il sistema *plus-minus* per valutare i giocatori difensivi, in cui si calcola il Δ punti tra squadra e avversari nel momento in cui il giocatore in analisi è in campo, e il PER per la valutazione delle sue caratteristiche offensive, oltre che l'E-rate. I numeri possono aiutare gli allenatori e i general manager in tanti modi, permettendo di ottenere squadre bilanciate in campo e con costi contenuti o perlomeno accessibili con i budget a disposizione.

4.2 Fattori imprevisti

La critica principale mossa da molti opinionisti sportivi agli strumenti statistici sta nel fatto che i numeri non possono rappresentare bene l'andamento di un giocatore per numerosi motivi. Non sempre infatti un giocatore riesce ad esprimere il suo talento fino in fondo se non è messo nelle condizioni giuste per poterlo fare. Molto spesso entrano in gioco dei processi psicologici che possono alterare o addirittura annullare i risultati prodotti tramite modelli quantitativi. Un famoso mantra sportivo afferma che per diventare una star del gioco prima di tutto bisogna "sistemare la testa"; i grandi campioni come primo obiettivo devono avere quello di continuare a migliorarsi, a sfidare costantemente se stessi e dare sempre il massimo. Si tratta di un sacrificio costante e continuo nel tempo che solo in pochi sono disposti a fare. Oltre alla perseveranza individuale, anche l'ambiente e le persone di cui si fida l'atleta hanno un'incidenza non indifferente sulle sue prestazioni; la fiducia, i giudizi e le pressioni possono avere un'influenza positiva se bene indirizzate e se sono costruttivi, altrimenti possono distruggere l'immagine e gradualmente anche l'autostima del giocatore, ledendone così prestazioni e carriera.

Altri limiti legati al mondo dello *sport analitico* sono rappresentati dal fatto che difficilmente riesce a stimare situazioni impreviste future. Si possono valutare gli effetti *ex-post* per esempio di un infortunio grave, della vendita della società o ancora dell'acquisto di questo o quel giocatore sul morale e sulla coesione della squadra, ma è impossibile prevedere o formare aspettative quando questi fattori devono ancora avvenire. I modelli presentati rappresentano e cercano di valutare le prestazioni passate per formare delle aspettative solo sulla base di fattori pregressi, trovando scenari in cui non vi siano grandi sconvolgimenti, soprattutto a livello psicologico.

4.3 "Statathletics"

Nella sua tesi *Mathathletics*, Wayne Winston chiude con una citazione del "Re Leone":

«there is more to see than can ever be seen and more to do than can ever be done»

È questo lo spirito con cui è stato scritto questo elaborato, con l'intenzione di provare a sviluppare nuovi modelli utili per meglio avvicinare la matematica e la statistica allo sport.

Il mondo dello sport ha sempre acceso milioni di cuori; proprio grazie alla grande visibilità delle squadre e dei giocatori esso è anche un business molto redditizio e in continuo fermento, perciò è necessario strutturare le decisioni aziendali, sia di marketing sia di budgeting. Il lavoro svolto in queste pagine ha lo scopo di trovare modelli e metodi innovativi che semplifichino le scelte del general manager per ottenere i risultati migliori, con uno sforzo economico più ridotto possibile.

Bibliografia

- [1] M. Li Calzi, ***Appunti Compilati***, *Teoria delle decisioni*, aa. 2017-18, lezioni 13-14-15-16, Lugano: Università della Svizzera Italiana
- [2] P. Kvam, J. Sokol, ***Teaching Statistics with Sport Examples.***, 2004, pp. 75-87, INFORMS Transactions on Educations
- [3] W. Winston, S. Albright, ***Practical Management Science***, 2009, 3rd ed., pp. 184-190 cap. 4, Indiana: Kelley School of Business
- [4] W. Winston, S. Albright, ***Practical Management Science***, 2009, 3rd ed., cap. 7-8, Indiana: Kelley School of Business
- [5] W. Winston, ***Mathatletics, How Gamblers, Managers, and Sports Enthusiasts Use Mathematics in Baseball, Basketball, and Football***, 2009, pp. 187-251, Indiana: Kelley School of Business

Siti consultati

- [6] <https://stats.nba.com/scores/>, boxscore (18 ottobre- 24 dicembre)
- [7] <https://www.nbareligion.com/>, funzionamento Draft e Draft Lottery
- [8] <https://it.wikipedia.org/wiki/Sabermetrica>, Moneyball, Sabermetrica
- [9] <https://www.gazzetta.it/Nba/>, notizie in tempo reale
- [10] <https://www.espn.com/nba/>, coefficienti PER di Hollinger
- [11] <https://nba.dunkest.com/>, calendario Dunkest, crediti virtuali, sistema dei punteggi e coefficienti associati

DEA for teams: valutazione dell'efficienza di una squadra						
Selected team:		A				
Inputs used		Cr				
A		74,4				
B		94,9				
C		79				
D		79				
E		73				
Output produced		n° wins				
A		11				
B		19				
C		5				
D		10				
E		8				
Δ punti		2,90				
		17,52				
		-5,38				
		1,33				
		-2,38				
media efficienza offensiva		123,71				
		148,76				
		108,86				
		126,33				
		113,14				
media efficienza difensiva		-124,52				
		-120,29				
		-123,38				
		-128,19				
		-121,81				
Unit costs of inputs		0,01344086				
Unit prices of output		0,012658				
		0				
		0,006957648				
		0				
input costs		output values				
A		1				
B		1,275537634				
C		0,820680392				
D		1,005564272				
E		0,888473302				
constraint input cost must be equal to 1						
Selected team input cost		=CERCA.VERI(Selected_team;B20:C29,2)				
Maximize selected team's output value (efficient if =1)						
Selected team output value		1,00				

Figura 4.1: Modello DEA: esempio applicato a teams

Parametri Risolutore

Imposta obiettivo:
Selected_team_output_value

A:
☒ Max
☐ Min
☐ Valore di:
0

Modificando le celle variabili:
Unit_costs_of_inputs;Unit_prices_of_outputs

Soggette ai vincoli:
Input_costs >= Output_values
Selected_team_input_cost = 1

☒ Rendi non negative le variabili senza vincoli

Selezionare un metodo di risoluzione:
Simplex LP
Opzioni

Metodo di risoluzione
Selezionare il motore GRG non lineare per i problemi lisci non lineari del Risolutore. Selezionare il motore Simplex LP per i problemi lineari e il motore evolutivo per i problemi non lisci.

Guida
Risolvi
Chiudi

Figura 4.2: Modello DEA: vincoli

PLAYER	PLAYER	RUOLO	PPG	PREZZO (SET. 2018)	PLAYER	RUOLO	PUNTI TOT	PREZZO (SET. 2018)
	Anunoby	A	6,46	4	ND	ND	ND	ND
	Bell	A	9,26	4,5	ND	ND	ND	ND
	Brooks	A	5,69	4	ND	ND	ND	ND
	Baynes	C	8,13	4,5	ND	ND	ND	ND
	Cousins	C	28,17	15	ND	ND	ND	ND
	Collison	G	18,70	8,5	ND	ND	ND	ND
	Dinwiddie	G	15,98	4,5	ND	ND	ND	ND
	Harden	G	26,43	19,5	ND	ND	ND	ND
	Kerr	HC	2,14	11	ND	ND	ND	ND
	Mcmillan	HC	0,71	6	ND	ND	ND	ND
	Triano	HC	-0,43	4,9	ND	ND	ND	ND
Constraints					Maximization			
guardie	0 =	4			punti squadra		0	
ali	0 =	4			prezzo squadra		0	
centri	0 =	2						
head coach	0 =	1						
max_credits	0 <=	95						
min_credits	0 >=	65						

Figura 4.3: Modello MERM: esempio parziale a scopo esemplificativo

Parametri Risolutore

Imposta obiettivo:

A: ☒ Max ☐ Min ☐ Valore di:

Modificando le celle variabili:

Soggette ai vincoli:

player_requested >= 0
player_requested = intero
SC541 <= 95
vincoli = n_player_requested
SC542 >= 70
player_requested <= 1

Aggiungi
Cambia
Elimina
Reimposta tutto
Carica/Salva

☒ Rendi non negative le variabili senza vincoli

Selezionare un metodo di risoluzione:

Metodo di risoluzione
Selezionare il motore GRG non lineare per i problemi lisci non lineari del Risolutore. Selezionare il motore Simplex LP per i problemi lineari e il motore evolutivo per i problemi non lisci.

Guida Risolvi Chiudi

Figura 4.4: modello MERM: vincoli