

**La Blockchain nel nuovo sistema salariale NBA:  
un algoritmo predittivo basato sulle performance della stagione 2020/21.**

Prof.

---

RELATORE

Prof.

---

CORRELATORE

Matr.

742181

---

CANDIDATO

# Indice

Introduzione .....	3
Literature review .....	4
Modello empirico .....	4
Blockchain .....	9
Literature Table.....	10
Capitolo 1 - Il sistema salariale NBA .....	11
1.1. La lega NBA ed i suoi salari .....	11
1.2. Il sistema retributivo ( <i>Salary Cap</i> ).....	12
Capitolo 2 – Metodologia .....	13
2.1. Un modello predittivo basato sulle performance .....	13
2.2. Regressione lineare .....	14
2.3. Validazione del modello .....	16
Capitolo 3 – Discussione dei risultati .....	20
3.1. Il modello salariale predittivo.....	20
3.2. L’impatto delle Covariate .....	21
3.3. Analisi di dispersione.....	24
3.4. Analisi dei risultati.....	24
3.4.1. Classe 1 – Freshers.....	25
3.4.2. Classe 2 – Experts (EXP 4-7 anni).....	28
3.4.3. Classe 3 – Veterans (EXP 8-10 anni).....	31
Capitolo 4 - L’NBA Blockchain ( <i>proof of concept</i> ) .....	36
4.1. Mission & Vision .....	36
4.2. Architettura blockchain .....	37
4.2.1. Tipologia .....	37
4.2.2. Metodo di codifica.....	38
4.2.3. Algoritmo di consenso .....	38
4.2.4. Smart Contract .....	38
Capitolo 5 – Il sistema salariale NBA secondo la blockchain .....	38
5.1. Tipologia di Contratti.....	38
5.2. Compensazione .....	39
5.3. Free Agency .....	40
5.4. Scambi ( <i>Trades</i> ).....	40
Conclusione .....	41
Future Discussioni .....	42
Bibliografia.....	42
Sitografia .....	43

# Introduzione

Il contesto economico che contraddistingue l'epoca in cui viviamo è sempre più imperniato da un alone di incertezza, delineando un panorama in cui gli attori coinvolti ricercano sempre più una condizione di attendibilità. Se difatti, il settore economico ha sentito la necessità di innovarsi in seguito ai nuovi contesti di mercato ed ha dovuto indagare circa le cause che hanno portato ad essi tentando di stimarne i futuri risvolti; anche il settore dello sport, ha sentito il bisogno di adottare strumenti (analitici) all'avanguardia in grado di ridurre i caratteri d'incertezza ed aumentare l'efficienza. I mercati sportivi dipingono un contesto, in cui ad oggi i contratti vengono definiti, gestiti e manipolati da attori intermediari, ovvero procuratori ed agenti sportivi. Se da un lato la statistica è riuscita a trovare un collegamento tra performance e valore, permettendo così di plasmare squadre che, prescindendo dalle schede anagrafiche e dalle voci di mercato, hanno ottenuto notevoli risultati; dall'altro non si è tuttavia ovviato al perché il valore di questi stessi atleti continua tutt'oggi ad essere concordato da trattative, talvolta lontane da una veritiera e trasparente valutazione, aventi come controparti agenti e general manager. Negli ultimi venti anni, il settore calcistico è stato segnato dall'era Raiola/Mendes, protagonisti dietro le quinte dei trasferimenti dei top players fra i più importanti club europei. L'attività di intermediazione del procuratore campano, in particolare, ha costituito un vero e proprio casello al quale i vari club sono stati costretti a vagliare per poter acquistare i nomi più blasonati del momento. Il costo di tale pedaggio, ha tuttavia raggiunto commissioni faraoniche nel tempo, come quelle relative all'ultimo trasferimento seguito da Raiola, in cui il passaggio della giovane stella del Borussia Dortmund, Erling Haaland, al Manchester City ha fatto convogliare nelle tasche del boss del calciomercato circa 40 milioni di euro (Garganese, 2022). Il costo esorbitante di tale operazione rappresenta in tutto e per tutto un contesto in cui la concorrenza di mercato viene minacciata da predatori come Raiola, che se pur facendo gli interessi dei propri assistiti, hanno da sempre remato nella direzione opposta dell'efficienza di mercato.

Tale contesto, non è tuttavia così lontano ad altri sport. In NBA, per esempio, seppure vi sia una maggiore presenza regolatrice della dirigenza NBA, figure come Rich Paul e Jeff Schwartz gestiscono attualmente circa il 30% dei contratti NBA per la stagione 2022/23 (Sky Sport, 2022). Questo scenario, non soltanto allontana il mercato dalla concorrenza, ma cosa ancor più importante, impedisce di raggiungere condizioni ottimali di efficienza, in cui singole franchigie, non riescono a tesserare un determinato giocatore non perché non dispongono delle somme relative al valore di mercato necessarie ad acquistarlo ma perché non sono in grado di affrontare i costi milionari relativi alle agenzie di procura.

Nonostante il passato sia stato largamente influenzato da tali figure, si intravede oggi la speranza di un cambiamento di paradigma. Nel contesto calcistico, il caso De Bruyne (McDonnell, 2021), ha suscitato particolare clamore. Per la prima volta nella storia calcistica, è stato raggiunto un accordo vedente come controparti solamente società e giocatore, senza alcun tipo di spese relativa ad agenti o procuratori. Nel caso

specifico, Kevin De Bruyne, ha firmato un'estensione contrattuale fino al 2025 da £83,2 milioni, incaricando ad un cluster di data analysts di valutare la sua influenza sul club sia in termini di prestazioni sul campo che in termini di ritorni connessi alla sua figura (diritti commerciali e sponsorizzazioni). Così facendo, De Bruyne è stato in grado di negoziare un significativo aumento di stipendio secondo i termini del nuovo contratto. Il paradigma inaugurato dal belga potrebbe indubbiamente avere un notevole impatto sulla figura dell'agente sportivo, e condurre finalmente ad un modello salariale basato esclusivamente sul merito e su analisi statistiche che dimostrino l'importanza di un giocatore tramite numeri difficilmente contestabili. Si pensi che l'anno appena trascorso ha visto l'uscita dalle tasche dei club inglesi più di £272 milioni in termini di compensi agli agenti dei calciatori. L'attuale inefficiente concorrenza presente nel settore calcistico accomuna anche altri contesti sportivi, come la pallacanestro. Applicando un metodo di analisi di regressione "*Least Absolute Shrinkage and Selection Operator*" (LASSO) in grado sia di migliorare l'errore di previsione sia di eseguire la selezione delle variabili, si è dimostrato come nella realtà gli stipendi di molti giocatori non trovino riscontro nelle prestazioni sul campo (Papadaki & Tsagris, 2020). Sulle tre stagioni analizzate (2016-19) il 51% dei giocatori che cubavano più del 25% del Salary Cap della rispettiva franchigia, non hanno contribuito alle performance di squadra secondo quanto erano stipendiati, indice di una mancanza di efficienza nell'architettura salariale. Se le regole del gioco difatti vengono dettate da chi ha interessi speculativi, il mercato non è più in grado di garantire condizioni di trasparenza ed affidabilità. Per ovviare a ciò, si richiede l'adozione di una tecnologia abilitante come la blockchain, che possa tramite potere decentralizzato assicurare verificabilità e trasparenza. Quest'ultima, coadiuvata da un modello predittivo salariale, riuscirebbe ad eliminare l'asimmetria informativa ad oggi sfruttata dagli intermediari ed i considerevoli costi sommersi del mercato.

Questo elaborato, si compone di due sezioni principali: la prima propone un modello salariale predittivo indagando le metriche di performance significative da un punto di vista statistico e semantico; la seconda, invece, esplora il connubio tra la tecnologia blockchain ed il sistema salariale NBA. Vengono, difatti, identificate le principali caratteristiche che l'NBA blockchain dovrà presentare al fine di garantire trasparenza all'interno di un sistema salariale complesso come quello NBA, e parallelamente riadattati alcuni principi cardine del sistema salariale NBA per ottenere piena applicabilità alla blockchain ed al modello statistico. Al termine, vi saranno le conclusioni dell'elaborato.

## **Literature review**

### **Modello empirico**

Come la matematica finanziaria ha cercato di fornire stime attendibili dei rendimenti azionari, tenendo conto delle performance del titolo come nei modelli di Capital Asset Pricing Model (CAPM) (Sharpe, 1964)

(Lintner, 1965) (Mossin, 1966); così nello sport, la statistica ha tentato di studiare correlazioni di variabili che potessero stimare in modo veritiero la prestazione sportiva ed il valore economico che ne deriva da essa. I metodi tradizionali qualitativi hanno lasciato spazio ad una serie di metodi statistici avanzati, in grado di migliorare e rendere maggiormente attendibili la valutazione dei giocatori, che fino a quel momento erano un'espressione spannometrica dei soli anni di esperienza degli scout e degli allenatori (Severini, 2014). L'approccio basato sull'evidenza analitica ha visto i suoi primi albori all'interno della Major League Baseball (MLB), nella quale venne sperimentato, ad opera dello statista Bill James, il c.d. approccio Sabermetrica (analisi empirica del baseball), in cui analizza e studia il baseball attraverso l'utilizzo di dati statistici. (James, 1985).

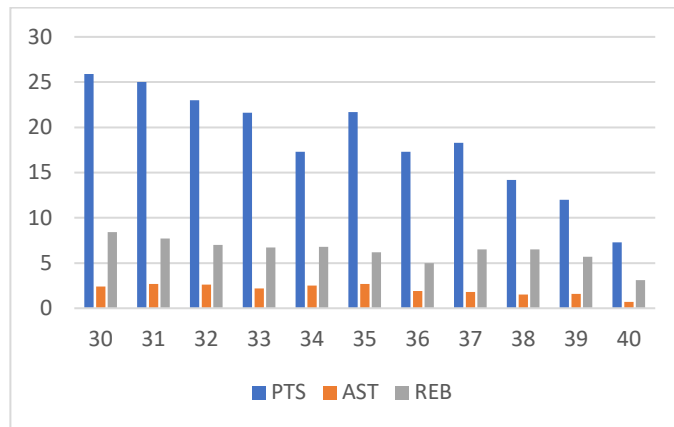
*"Science is like a clean slate, and that's what makes it effective," James said in an interview. "You can also be a physics graduate and think that Einstein was wrong, but if you bring a thesis supported by concrete facts, people will listen to you. And that's exactly what I tried to do with baseball: you can be an expert as much as you want, but the facts are clear." (James, 1985)*

L'algoritmo sviluppato da James venne eseguito valutando i giocatori in ogni aspetto del gioco, in particolare in battuta (*batting*), lancio (*pitching*) e *fielding*, misure queste, che permisero di tradurre le azioni dei giocatori e della squadra in termini analitici. L'algoritmo così sviluppato, diede finalmente una visione trasparente del valore dei singoli giocatori sul mercato, e permise al General Manager, Billy Beane, di costruire una franchigia in grado di arrivare ad un soffio dalla vittoria del campionato MBL 2001/02 (Lewis, 2003). Le teorie di Bill James sono state per gli appassionati del baseball e dello sport in generale, gli occhi che hanno permesso di vedere e concepire lo sport in un nuovo modo.

In seguito al superamento dello scoglio dell'accettazione ("*Moneyball*"), anche altri sport si avvicinarono al mondo dell'analisi statistica, col tentativo di colmare quel divario fra esperienza sul campo e dati osservabili e verificabili. Nel caso della pallacanestro, alcuni gruppi di ricerca hanno tentato di plasmare modelli valutativi in grado di stimare il valore dei singoli giocatori. La ricerca, si è concentrata nell'identificazione di quelle variabili di performance che una volta combinate, rispettando determinati criteri di correlazione e significatività, fossero in grado fornire una rappresentazione analitica del valore del singolo giocatore. L'analisi di regressione multipla svolta da "*The Sport Journal*" (Lyons Jr et al., 2015) ha evidenziato come i "punti" (PTS), "percentuale realizzativa dal campo" (FG%), "rimbalzi" (REB), "assist" (AST) e "falli personali" (PF) siano le variabili di performance che hanno contribuito maggiormente allo stipendio dei giocatori per la stagione 2013-14. Il modello ha riportato un  $R^2$  di 0.629 ed un  $Adj R^2$  di 0.613, indice di una soddisfacente predittività del campione. Tale scoperta, ha provocato un allontanamento dalla mentalità "paghiamo per i marcatori" che ha accumulato diverse franchigie negli anni, dando finalmente importanza ad altri aspetti del gioco che non riguardassero solo le capacità realizzative dei giocatori. Il modello analitico proposto da "*The Sport Journal*", se da una parte riesce a identificare le principali variabili individuali che

descrivono il fenomeno sportivo (*PTS*, *REB*, *AST*), dall'altra non riesce tuttavia a fornire una completa valutazione del giocatore. Oltre ad analizzare l'atleta in base alla performance individuale, è infatti necessario inquadrare l'impatto che la sua performance detiene all'interno dei risultati di squadra. All'interno di un modello predittivo, bisognerebbe quindi includere delle variabili che riescano ad esprimere il peso che quel giocatore detiene all'interno della squadra in termini di probabilità di vittoria, e che quindi possa giustificare un compenso che copra un'elevata percentuale del Salary Cap per la franchigia (tetto del monte salariale per una franchigia NBA, concordato annualmente dal *CBA* in accordo alla NBA e alla NBPA).

Ricerche complementari, hanno indagato parallelamente alle variabili oggettive, quelle soggettive, portando all'evidenza di come fattori non propriamente interni al campo di gioco potessero influenzare il salario percepito dagli atleti. In particolare, le variabili, "presenza All-Star Game" (*ALL-STAR*), "età" (*AGE*) ed "Internazionalità" (*INTER*) sono state identificate come le più significative (Li, 2014). Da tali risultati, si evince come una corretta valutazione salariale basata sulle performance debba includere sia variabili oggettive, sintesi dei risultati sul campo partita dopo partita, sia variabili soggettive in grado di includere la scheda anagrafica dell'atleta. Se per esempio, un giocatore ha partecipato durante la stagione per la prima volta all'All-Star Game, la sua valutazione sarà sicuramente più elevata rispetto all'anno precedente in cui non era stato ritenuto all'altezza di dover essere incluso nell'élite della Lega NBA. All'introduzione delle variabili dummy (*ALL-STAR* e *INTER*), lo studio condotto (Li, 2014) aggiunge un'ulteriore innovazione, ovvero esplora per la prima volta la variabile "età" (*AGE*). Tale variabile, costituisce uno degli elementi chiave su cui basare la valutazione salariale dei giocatori, ma necessita tuttavia di una corretta interpretazione. Essendo il sistema salariale NBA, basato su una retribuzione scaglionata per livelli di anzianità di servizio nella Lega, ci si potrebbe aspettare che ad un giocatore con un'età elevata dovrà essere riconosciuto un salario cospicuo. Tale condizione, tuttavia non garantisce efficienza nel modello salariale, in quanto ci si potrebbe trovare di fronte ad un'atleta che abbia un'età avanzata ma che sia solamente al suo primo anno all'interno dell'NBA. Il modello proposto, quindi, se da una parte introduce la variabile *AGE*, dall'altra manca di una corretta interpretazione della stessa in quanto essa non dovrebbe essere correlata positivamente al salario, ma negativamente ad esso.



**Figura 1**

*Dirk Nowitzki – ultime 10 stagioni (2009-2019). Fonte: Basketball Reference.com*

Dai dati raccolti da *Basketball Reference*, si evince per l'appunto come all'aumentare dell'età, le prestazioni sul campo diminuiscono sensibilmente (<https://www.basketball-reference.com/players/n/nowitzdi01.html>). Questo, è il caso di Dirk Nowitzki, bandiera NBA degli ultimi 20 anni, ma non solo. Se pur tali anni di età siano infatti espressione di un'esperienza oramai consolidata, l'anzianità è comunemente legata a problemi fisici (infortuni) che comportano un sensibile calo delle prestazioni.

Ulteriore passo avanti in letteratura, si è avuto grazie ad una ricerca più recente condotta da “*The Sport Journal*” (Singer & Compton, 2018). Il modello empirico proposto sembra in grado di risolvere il problema evidenziato poc'anzi. Introducendo la variabile “esperienza” (EXP), e confermando tramite i risultati una particolare significatività e correlazione positiva con il salario (variabile dipendente), i ricercatori sono riusciti a far aderire il modello predittivo alle logiche di un sistema salariale, come quello NBA, che si basa sul criterio dell'anzianità di servizio. Nonostante tale scoperta, il modello presentato, avente  $R^2$  e  $Adj R^2$  di 0.56, mostra ancora una lacuna. Se da una parte vengono rispettati i criteri dell'architettura salariale NBA, riconoscendo salari maggiori all'aumentare dell'anzianità di servizio all'interno della Lega (correlazione positiva con il salario); dall'altra l'effetto negativo sulle prestazioni dato dall'aumento dell'età, non viene contemplato (correlazione negativa con il salario). Se per esempio, un giocatore di un'età superiore ai 30 anni con discrete performance statistiche fosse al suo primo anno di NBA (“*rookie*”), si otterrebbe una valutazione errata del giocatore da parte di una squadra interessata ad ingaggiarlo. Il valore dell'atleta verrebbe difatti sovrastimato, poiché non verrebbero inclusi nell'analisi i rischi connessi agli infortuni e al calo delle prestazioni sportive con l'aumentare dell'età.

**RQ1:** *Quali variabili di performance sono in grado di sintetizzare l'impatto che il singolo giocatore ha sulla vincita del titolo e quindi giustificare la spesa per l'ingaggio?*

La stagione NBA rappresenta il più oneroso campionato del mondo in termini di dispendi fisici e mentali richiesti agli atleti. Le 82 partite stagionali, aggiunte ai playoffs, costituiscono uno degli intrattenimenti più

seguiti dal pubblico mondiale ed in particolare da quello americano. Le 30 squadre coinvolte nella competizione sono divise in egual misura fra Western ed Eastern Conference, ed hanno l'obiettivo di far registrare il miglior record fra vittorie e sconfitte al fine di qualificarsi per la fase conclusiva. I playoff, vedono così fronteggiarsi le migliori 16 squadre attraverso un tabellone diviso per Conference, di cui ogni round è una serie al meglio delle sette. Nel dettaglio, al primo round la 1<sup>a</sup> classificata di ogni conference affronta l'8<sup>a</sup>, la 2<sup>a</sup> la 7<sup>a</sup>, la 3<sup>a</sup> la 6<sup>a</sup> e la 4<sup>a</sup> la 5<sup>a</sup>; le vincenti delle serie accedono al secondo round, fino ad arrivare alle *NBA Conference Finals*, che decretano i campioni delle rispettive conference e le due squadre che si vedranno opposte alle finali per il titolo. Nell'anno 2020/21 i vincitori del campionato NBA sono stati i Milwaukee Bucks, avendo la meglio in finale contro i Phoenix Suns.

Se l'obiettivo ultimo delle squadre è quello di vincere il titolo, è allora necessario durante il corso della stagione regolare (*"regular season"*) ottenere il più alto numero di vittorie in modo da qualificarsi con una buona posizione ai playoffs e là dove possibile, sfruttare il fattore campo per gli incontri decisivi. In ottica del mercato salariale, ciò si traduce nel bisogno di valutare i giocatori in base alle percentuali di vittorie aggiuntive che essi portano alla squadra. Un atleta, sarà così ritenuto meritevole di guadagnare un compenso elevato, se la sua presenza sul campo da gioco aumenta le percentuali di vittoria della squadra. Come precedentemente evidenziato, al fine di ottenere una stima sempre più accurata del salario di un giocatore, un modello predittivo deve includere delle variabili che riescano ad esprimere l'impatto che il singolo detiene all'interno dei risultati di squadra. Per far ciò, il modello proposto in questo elaborato includerà la variabile "WIN\_GP", espressione del rapporto tra le vittorie ottenute ed il totale delle partite disputate dal singolo giocatore. Tale variabile, correlata positivamente al salario, permetterà di remunerare maggiormente non solo gli atleti detentori di statistiche individuali elevate, ma anche coloro che quando presenti in campo aumentano la percentuale di vittoria per la squadra.

**RQ2:** *Quali regole deve rispettare un modello predittivo al fine di poter ottenere piena applicabilità al sistema salariale della NBA?*

Come anticipato, il modello salariale NBA trova fondamento sul criterio dell'anzianità di servizio, motivo per cui all'aumentare degli anni trascorsi interno alla Lega, aumenta proporzionalmente il salario minimo riconosciuto all'atleta. Di seguito se ne presentano gli scaglioni concordati dal CBA per la stagione 2021-22 secondo *HoopsHype* (<https://hoopshype.com/salaries/2021-2022/>).



Years of Experience	Salary
0	\$925,258
1	\$1,489,065
2	\$1,669,178
3	\$1,729,217
4	\$1,789,256
5	\$1,939,350
6	\$2,089,448
7	\$2,239,544
8	\$2,389,641
9	\$2,401,537
10+	\$2,641,691

**Figura 2**

*Il sistema salariale NBA a scaglioni. Fonte: HoopsHype.com*

Se nonostante, i modelli sviluppati hanno tentato di trovare la giusta composizione e correlazione tra le variabili, la letteratura sin ora presente non è riuscita ad ottenere una piena applicabilità al sistema salariale NBA. Per ottenere ciò, un modello predittivo dovrà da un lato trovare il giusto insieme di variabili, che tra loro combinate (*correlazione e significatività*) possano descrivere la performance sportiva a 360°; dall'altro, dovrà rispettare il "criterio dell'anzianità", e quindi esplorare i rapporti esistenti tra le variabili "esperienza" (*EXP*) ed "età" (*AGE*) con il salario. L'analisi di regressione presentata in questo elaborato vedrà pertanto la definizione di un modello significativo da un punto di vista semantico (*natura della correlazione tra le covariate e la variabile dipendente*) in cui si tenterà di bilanciare da una parte gli effetti positivi dati dall'esperienza (*EXP*) e dall'altra quelli negativi dati dall'età (*AGE*) sulla variabile dipendente (*SALARY*).

## **Blockchain**

Nonostante gli sforzi dei club e degli enti regolatori (*FIFA, FIBA, NBA etc.*), ad oggi il mercato salariale sportivo, non è in grado di garantire trasparenza nella gestione contrattuale degli atleti. Se difatti, al tavolo in cui vengono discussi e delineati i salari non siedono solamente Lega, club ed atleti, ma vedono come terza parte attiva del processo la figura dei procuratori ed agenti sportivi, è di facile intuizione che il mercato sportivo salariale si trova lontano dalla concorrenza. Se da un lato, la presenza di un procuratore/agente sportivo, può essere in parte giustificata come supporto dell'atleta per aspetti legali ed endorsement, non è però giustificata l'attività di intermediazione avente come unico scopo quello di gonfiare le commissioni sfruttando asimmetrie informative. Nella storia del mercato sportivo, non mancano difatti esempi di (i) atleti ingaggiati a peso d'oro di cui solamente dopo la firma sono stati riscontrati gravi infortuni, (ii) contratti sportivi regolati tramite accordi viscosi e poco regolamentati in termini di antiriciclaggio e frode, (iii) accordi illeciti tra club e procuratori (Adams, 2018). In un contesto concorrenziale, il mercato salariale dovrebbe invece essere regolato da una tecnologia garante di un potere decentralizzato, in cui la figura del procuratore dovrebbe fungere non

più da parte attiva nel processo di stipula dei contratti, ma da nodo regolatore dell'architettura salariale, verificando l'applicazione delle norme e la corretta definizione dei salari.

**RQ3:** *Quale tecnologia in ambito sportivo permetterebbe di ridurre i costi di transazione e garantire concorrenza all'interno del mercato salariale NBA? Come essa dovrebbe adattarsi alla complessa architettura salariale della Lega?*

L'introduzione della tecnologia blockchain, porta un'innovazione nella regolazione del mercato salariale. Grazie ad un registro distribuito (*distrubuted ledger*) ed un meccanismo di convalida condiviso, ogni qual volta viene raggiunto un accordo contrattuale (transazione *P2P*), viene eliminata la necessità di avere una terza parte coinvolta. All'interno della rete, l'accordo fra le parti coinvolte viene di fatto registrato in modo indelebile tramite algoritmi di calcolo avanzati e blocchi crittografici, e simultaneamente vengono distribuite copie digitali a tutti i nodi della rete, garantendo un ecosistema in cui solo alla maggioranza di  $N/2$  macchine (nodi) della rete viene convalidato un blocco di transazioni. Nella lega NBA, la blockchain permetterebbe perciò di riqualificare le figure dei procuratori, nominandoli nodi di convalida della rete privata. Nello specifico, la blockchain congiuntamente al modello predittivo regolamenterà: (i) la definizione in termini economici dei salari basando la valutazione degli atleti sulle performance sportive (*algoritmo*), e (ii) la stipula dei contratti, secondo le regole del *CBA*, avendo come controparti unicamente club ed atleti attraverso l'utilizzo di contratti intelligenti (*Smart Contracts*). In tal senso, da una parte l'adozione del modello predittivo permetterà di eliminare quelle asimmetrie informative che falsano la valutazione degli atleti e che ad oggi generano significativi costi di transazione; dall'altra la struttura ed il meccanismo di convalida di una blockchain privata permetterà di stipulare contratti tra entità verificate senza la necessità di includere una terza parti nell'accordo, e quindi potrà essere garantita trasparenza ed efficienza nel mercato. Infine, per ottenere una completa adozione, in questo elaborato verrà proposta una riformulazione di alcuni aspetti regolamentati dal *CBA*, di modo che l'architettura salariale vigente possa applicarsi per intero alla tecnologia. Nello specifico, verranno ridiscussi: (1) Tipologie di Contratto, (2) Compensazione, (3) *Free Agency*, e (4) *Trades*.

## Literature Table

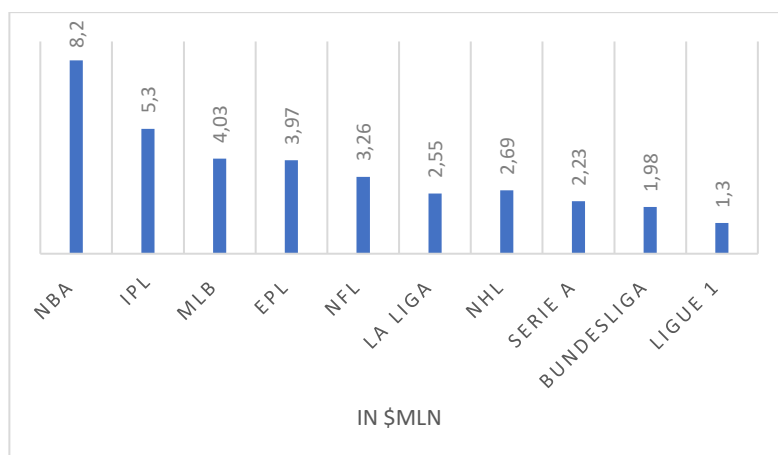
<b>Autore</b>	<b>Paese di residenza</b>	<b>Periodo di analisi ed osservazioni</b>	<b>Risultati principali</b>
<b>Papadaki, I. (2020)</b>	United States	– 2016 – 19 – 1620	– Presenza di asimmetrie informative nel mercato salariale NBA tramite confronto performance/compenso dei top players (51%).
<b>Lyons Jr et al., (2015)</b>	United States	– 2013 – 14 – 243	– Identificazione delle principali variabili oggettive di performance significative per il salario

			(PTS, FG%, REB, AST e PF).
<b>Li, N. (2014)</b>	United States	- 1995 – 2013 - 432	- Identificazione delle variabili soggettive significative per il salario (ALL-STAR, AGE ed INTER).
<b>Singler, K., Compton, W. (2018)</b>	United States	- 2017 – 18 - 540	- Introduzione della variabile EXP come metrica di valutazione del salario.

## Capitolo 1 - Il sistema salariale NBA

### 1.1. La lega NBA ed i suoi salari

La NBA (National Basketball Association) è la più importante lega di pallacanestro del mondo. Nata negli Stati Uniti d'America nel 1946, rappresenta tutt'oggi il palcoscenico più importante nel panorama mondiale per gli appassionati di questo sport. La Lega, nella sua grande complessità, presenta una solida e snella struttura, garantendo ai vertici piena flessibilità operativa. Di ciò, ne è una riprova l'essere stata una delle primissime leghe ad aver riaperto i battenti dopo la pandemia da COVID-19, grazie all'allestimento dell' "NBA Bubble" per disputare i playoffs 2019-20. I giocatori di tutto il mondo, ogni anno presentano la propria candidatura, rendendosi eleggibili al draft, sperando di essere selezionati da una delle 30 squadre. Così, nella pausa estiva, tra la fine e l'inizio di un nuovo campionato, solo 60 giocatori vengono selezionati durante la notte del draft. Il numero particolarmente ridotto di posti concessi, rappresenta uno degli elementi di flessibilità e proattività della lega, in cui ogni squadra è legittimata ad iscrivere a rosa fino ad un massimo di 15 giocatori per un totale di 450 nell'intera NBA. I limiti regolatori imposti dalla Lega, oltre ad essere uno strumento importante nelle mani della direzione, producono uno spillover effect positivo per i giocatori, i quali percepiscono rispettivamente salari più elevati se comparati a quelli medi degli altri atleti nell'industria sportiva (Gough, 2022).



### Figura 3

*Stipendio medio degli atleti nell'industria sportiva. Fonte: Statista.com*

Dalla Figura 3, si nota come il salario percepito dai giocatori NBA sia in media più alto rispetto agli atleti della seconda competizione più pagata al mondo, ovvero l'*Indian Premiere League* (IPL), del 54%. Tale dato, riflette altresì la stabilità finanziaria e la forte crescita in termini di ricavi che la National Basketball Association ha raggiunto negli ultimi anni, possedendo un sistema retributivo in cui la remunerazione gli atleti è direttamente influenzata all'aumento o alla diminuzione dei ritorni economici della Lega (*BRI*).

#### 1.2. Il sistema retributivo (*Salary Cap*)

La vera innovazione che rende la NBA un unicum, risiede nel sistema retributivo vigente che prende il nome di "*Salary Cap*", o più precisamente "*Soft Cap*", a causa delle possibilità di sfiorare il tetto e trovare scappatoie alle normative salariali. Il sistema, attraverso numerose e complesse valutazioni, giunge alla definizione del tetto massimo spendibile da parte di ogni squadra, assegnandone un valore proporzionalmente maggiore a coloro che hanno ottenuto risultati peggiori nella stagione conclusa, in modo da essere questo, uno strumento autoregolatore fra le squadre partecipanti al campionato. Ogni anno, il tetto massimo viene stabilito moltiplicando il "*Basketball Related Income*" (*BRI*) stimato del 44,74%, sottraendo i benefici previsti per i giocatori e quindi dividendo il risultato per 30. Il *BRI* è costituito dai ricavi ricevuti dalle squadre, dalla lega e dalle loro entità correlate in percentuali concordate, in particolare canoni di trasmissione, vendita di biglietti, merchandising, accordi sui diritti di denominazione e ricavi negli stadi come concessioni e pubblicità. Il *BRI* viene così distribuito attraverso la costituzione del "*Collective Bargaining Agreement*" (*CBA*), ovvero il contratto che vede come controparti i giocatori e la dirigenza della lega, in cui sono contenute regole riguardanti i tetti salariali, i minimi salariali (calcolati anche in base agli anni di esperienza nella lega) ed i contratti dei free agent. Di seguito, la Figura 4 proietta le evoluzioni future del *Salary Cap* per le singole franchigie secondo *HoopsHype* (<https://hoopshype.com/salaries/2021-2022>):

Team	2021/22	2022/23	2023/24
Golden State	\$176,831,839	\$157,573,332	\$122,721,279
Brooklyn	\$173,314,518	\$161,133,652	\$67,578,004
LA Clippers	\$167,524,341	\$166,445,553	\$123,160,164
LA Lakers	\$163,069,763	\$145,029,186	\$51,620,080
Milwaukee	\$159,875,955	\$147,145,195	\$125,493,079
Utah	\$153,954,206	\$140,501,318	\$127,618,100
Philadelphia	\$143,668,170	\$139,350,587	\$126,266,428
Boston	\$143,644,544	\$132,014,403	\$92,279,607
Portland	\$140,566,998	\$105,101,602	\$99,442,553
Miami	\$140,108,026	\$131,696,522	\$125,620,560
Washington	\$139,173,059	\$104,883,360	\$52,193,239
Indiana	\$139,056,934	\$103,921,407	\$28,100,000
Chicago	\$138,709,733	\$83,595,599	\$58,525,117
Toronto	\$137,624,475	\$109,090,153	\$104,905,339
Atlanta	\$137,039,527	\$117,039,536	\$98,826,000
Denver	\$134,092,669	\$103,668,890	\$43,634,326
Sacramento	\$131,298,492	\$98,442,825	\$63,967,937
Cleveland	\$130,692,250	\$84,952,451	\$43,978,841
Phoenix	\$129,827,138	\$87,657,200	\$73,316,200
Minnesota	\$128,304,399	\$80,769,185	\$36,016,200
Detroit	\$126,371,935	\$64,541,043	\$15,061,789
Houston	\$125,120,901	\$121,745,422	\$11,039,067
Orlando	\$121,292,146	\$57,580,600	\$34,400,000
Dallas	\$119,227,341	\$132,732,957	\$102,959,528
San Antonio	\$118,881,308	\$75,242,164	\$57,271,143
Charlotte	\$118,754,621	\$101,154,423	\$56,541,317
New York	\$117,918,945	\$96,071,019	\$47,084,023
Memphis	\$115,939,778	\$48,345,250	\$10,400,000
New Orleans	\$115,857,077	\$72,406,463	\$58,893,400
Oklahoma City	\$79,788,346	\$90,942,374	\$35,960,681

**Figura 4**

*NBA Team Payrolls in base al Salary Cap. Fonte: HoopsHype.com*

Oltre il tetto massimo, in sede di valutazione, vengono definiti i valori del *Salary Floor* (90% del *Salary Cap*) e della *Luxury Tax Line*, ovvero rispettivamente il limite minimo del monte ingaggi ed il valore soglia al di sopra del quale si incorre in una sanzione.

Come anticipato, il *CBA* costituisce un contratto collettivo posto in essere fra due entità: i giocatori, rappresentati dalla “*National Basketball Players Association*” (*NBPA*), e la lega NBA, rappresentata dal *Commissioner* (corr. Adam Silver) ed i 30 proprietari delle franchigie. Tale contratto disciplina le regole secondo cui devono essere effettuati gli accordi fra le squadre ed i giocatori, ponendo limiti e guidando le franchigie nell’allocazione delle proprie risorse finanziarie nel monte ingaggi. L’attuale *CBA* è entrato in vigore dalla stagione 2017/18 e si estenderà per tutta la stagione 2023/24 come comunicato dalla *NBPA* (<https://nbpa.com/cba>).

## Capitolo 2 – Metodologia

### 2.1. Un modello predittivo basato sulle performance

Data

L’elaborato entra nel vivo attraverso l’analisi di regressione lineare. Le misure statistiche riferibili alle performance sportive della stagione NBA 2020/21, utilizzate al fine dell’analisi, sono state collezionate dal sito ufficiale della Lega (<https://www.NBA.com/stats/>); mentre gli stipendi riconducibili alla stagione 2021/22 sono stati raccolti dalla piattaforma di “*HoopsHype*” (<https://hoopshype.com/salaries/players/>).

Per una maggiore attendibilità di osservazione, sono stati imposti due vincoli: il primo in termini di minutaggio al fine di includere solo giocatori che avessero giocato almeno 100 minuti durante la stagione appena conclusa; il secondo vincolo è stato di natura finanziaria, con l'obiettivo di escludere dall'analisi quei giocatori che avessero percepito un ingaggio inferiore o uguale al minimo salariale in base alla loro esperienza all'interno della lega. Dopo tali aggiustamenti, sono stati oggetto della regressione 365 giocatori.

## 2.2. Regressione lineare

L'obiettivo di questa prima parte dell'elaborato è quello di identificare quali metriche di performance influenzino maggiormente lo stipendio di un giocatore NBA. La metodologia statistica più indicata per indagare tali correlazioni è stata identificata nella regressione lineare, discussa qui di seguito.

### Variabili

La scelta delle variabili è stata sicuramente la parte più complessa del processo che ha portato alla costruzione dell'algoritmo. L'analisi preliminare ha incluso 45 variabili collezionate dal sito ufficiale NBA (<https://www.NBA.com/stats>) e dalla piattaforma di analisi Basketball-Reference ([https://www.basketball-reference.com/leagues/NBA\\_2021.html](https://www.basketball-reference.com/leagues/NBA_2021.html)), delle quali solo 14 sono state scelte.

### Variabile dipendente

La variabile dipendente del modello di regressione è il compenso (espresso in \$) dei giocatori NBA per la stagione 2021/22 (*SALARY*).

### Covariate

#### *Variabili Dummy*

**INTER** – impiegata per determinare se un giocatore ha cittadinanza/provenienza diversa da quella americana.

**DLEAGUE** – impiegata per determinare se un giocatore ha giocato nella NBA *D-LEAGUE* (Lega secondaria) durante la stagione 2020/21.

**GUARD** – impiegata per determinare se un giocatore occupa la posizione di “*point guard*”, “*shooting guard*” o “*guard*” nel perimetro di gioco.

#### *Variabili Numeriche*

**EXP** – espressione degli anni di esperienza che un giocatore ha collezionato all'interno della Lega.

**AGE** – espressione dell'età del giocatore durante la stagione 2020/21.

**PTS** – rappresentante la media di punti per partita di un giocatore.

**AST** – rappresentante la media assist che un giocatore serve per partita.

**REB** – rappresentante il numero medio di rimbalzi catturati da un giocatore per partita.

**TOV** – esplicitiva del numero di possessi persi a partita da un giocatore.

**BLK** – rappresentante il numero medio di stoppate effettuate da un giocatore per partita.

**PLUS\_MINUS** – espressione del rendimento di un giocatore durante la permanenza del giocatore stesso sul campo.

**MIN\_GP** – rappresentante i minuti giocati dall'atleta sul totale delle partite disputate durante la regular season 2020/21.

**POSS** – stima dei possessi in base alle statistiche del giocatore e dei suoi avversari.

**W\_GP** – espressione delle vittorie che un giocatore ha ottenuto sul totale delle partite giocate dallo stesso durante la stagione 2020/21.

### **Modello analitico**

Il modello iniziale si presenta nella seguente forma:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i,1} + \beta_2 x_{i,2} + \beta_3 x_{i,3} + \beta_4 x_{i,4} + \beta_5 x_{i,5} + \beta_6 x_{i,6} + \beta_7 x_{i,7} + \beta_8 x_{i,8} + \beta_9 x_{i,9} + \beta_{10} x_{i,10} + \beta_{11} x_{i,11} + \beta_{12} x_{i,12} + \beta_{13} x_{i,13} + \beta_{14} x_{i,14}$$

dove  $i$  rappresenta l'osservazione.

In aggiunta alla rappresentazione testuale, se ne dà una forma tabellare evidenziandone la natura dei parametri:

VARIABILE	COVARIATA	UNITÀ DI MISURA
$x_{i,1}$	<i>INTER</i>	Variabile dummy, 0 oppure 1
$x_{i,2}$	<i>EXP</i>	Variabile numerica

$x_{i,3}$	<i>DLEAGUE</i>	Variabile dummy, 0 oppure 1
$x_{i,4}$	<i>GUARD</i>	Variabile dummy, 0 oppure 1
$x_{i,5}$	<i>AGE</i>	Variabile numerica
$x_{i,6}$	<i>PTS</i>	Variabile numerica
$x_{i,7}$	<i>AST</i>	Variabile numerica
$x_{i,8}$	<i>REB</i>	Variabile numerica
$x_{i,9}$	<i>TOV</i>	Variabile numerica
$x_{i,10}$	<i>BLK</i>	Variabile numerica
$x_{i,11}$	<i>PLUS_MINUS</i>	Variabile numerica
$x_{i,12}$	<i>MIN_GP</i>	Variabile numerica
$x_{i,13}$	<i>POSS</i>	Variabile numerica
$x_{i,14}$	<i>W_GP</i>	Variabile numerica

**Tabella 1**

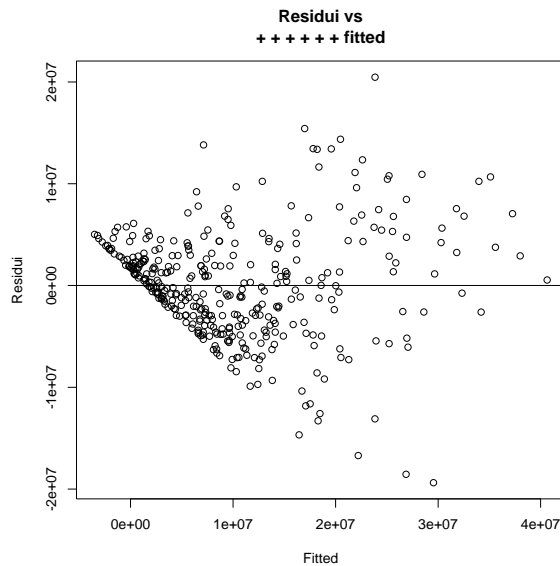
*Modello predittivo – Variabili di performance oggettive e soggettive*

La selezione delle covariate riguardanti la posizione dell'atleta sul campo di gioco, è stata effettuata tenendo duplicemente conto della numerosità del campione e del salario medio registrato da ogni singola "position". Da un'attenta analisi, confrontando i due parametri precedentemente menzionati, si è scelto di includere all'interno del modello, la sola variabile "GUARD" in quanto più significativa, sia in termini di numerosità del campione osservato che di salario. Vien da sé, che a coloro che non abbiano giocato nella posizione di "GUARD" è stato assegnato un valore pari a zero (0), seguendo le logiche delle variabili *dummy*.

### **2.3. Validazione del modello**

Primo passo nella validazione del modello è costituito dall'analisi dell'eteroschedasticità. Per testare ciò, l'elaborato ha analizzato i dati tracciando i residui rispetto ai valori adattati dello stipendio.





**Figura 5**

*Plot - Residui vs Fitted values*

Come è possibile notare dal plot, la non linearità presuppone l'esistenza di un problema di eteroschedasticità, per cui i termini di errore non rispettano la condizione di non correlazione e stessa devianza incognita. Un “*Breusch-Pagan*” test è stato eseguito, verificando le ipotesi di eteroschedasticità preliminari del plot.

<b>BP</b>	<b>DF</b>	<b>4</b>
<b>78.612</b>	14	5.115e-11

**Tabella 2**

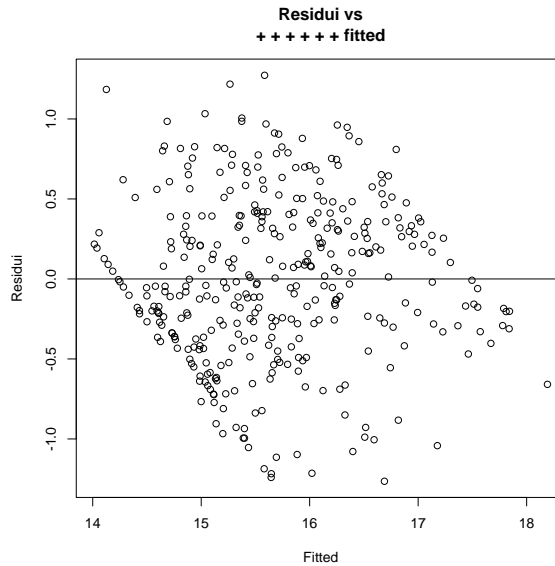
*Breusch-Pagan test – Risultati*

Il *p-value* ottenuto dal test è inferiore di 0,05, motivo per cui l'ipotesi di omoschedasticità è rifiutata ed il modello risulta affetto da eteroschedasticità.

### **Trasformazione Logaritmica**

Per la risoluzione del problema legato all'eteroschedasticità, è stata utilizzata una trasformazione logaritmica della variabile risposta, *SALARY*.

Come è possibile notare dalla Figura 6, i residui rispetto ai valori adattati risultano non correlati fra loro stessi per cui si accetta l'ipotesi preliminare di omoschedasticità.



**Figura 6**

*Plot - Residui vs Fitted after log-transformation*

Per ridurre il modello log-trasformato, è stata eseguito il test *Akaike Information Criterion (AIC)* con l'obiettivo di stimare se una singola covariata potesse essere esclusa dal modello. Per ogni covariata con un *p-value* elevato e  $\eta^2$  relativamente basso è stato calcolato un  $\Delta AIC$ . Se il  $\Delta AIC$  è risultato negativo, la covariata è stata esclusa dal modello finale. Questo procedimento è stato ripetuto gradualmente fino a quando nessun  $\Delta AIC$  è risultato negativo.

Le covariate escluse sono presentate come di seguito:

COVARIATA	AIC
<i>PLUS_MINUS</i>	-464.08
<i>POSS</i>	-465.76
<i>GUARD</i>	-467.43
<i>BLK</i>	-468.54

**Tabella 3**

*AIC test – Covariate escluse dal modello predittivo*

Il modello finale presenta il seguente set di variabili/covariate:

- a) Variabile dipendente: *log(Salary)*.
- b) Covariate: *INTER, EXP, DLEAGUE, AGE, PTS, AST, REB, TOV, MIN\_GP, W\_GP*.

**Multicollinearità – VIF test**

Al fine di indagare la multicollinearità fra le covariate, è stato eseguito un *VIF* test, portando ai seguenti risultati.

COVARIATA	VIF
<i>INTER</i>	1.074988
<i>EXP</i>	5.880457
<i>DLEAGUE</i>	1.158279
<i>AGE</i>	5.605504
<i>PTS</i>	4.145951
<i>AST</i>	4.885421
<i>REB</i>	1.704424
<i>TOV</i>	7.703317
<i>MIN_GP</i>	2.328914
<i>W_GP</i>	1.117088

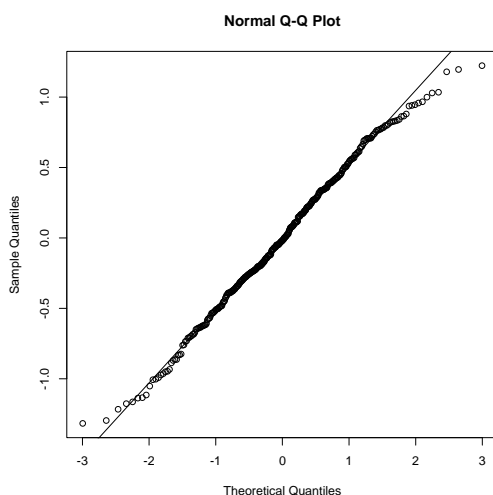
**Tabella 4**

*VIF test - Risultati*

Dal momento che nessuna covariata, ha assunto un *VIF – value*  $> 10$ , non esistono concreti rischi connessi alla multicollinearità. Nonostante ciò, bisogna comunque notare (i) *EXP* (5.880457) ed *AGE* (5.605504), valori elevati prevedibili dal momento che l'aumento dell'una è consequenziale all'aumento dell'altra; e (ii) *TOV* (7.703317) che assume valore di poco più alto.

### Normal QQ-plot

Un *normal QQ-plot* è stato effettuato per investigare se i residui fosse stati distribuiti normalmente. Di seguito il risultato attraverso una rappresentazione grafica:



**Figura 7**

*Normal Q-Q Plot – Distribuzione dei Residui*

Dalla Figura 7, è facilmente osservabile come il modello risulta approssimativamente distribuito normalmente.

### Durbin-Watson test

Dopo aver indagato circa l'omoschedasticità, la multicollinearità e la normalità della distribuzione del modello, un ulteriore test è stato eseguito. Il “Durbin-Watson” test, così, ha avuto l'obbiettivo di indagare circa la casualità del modello, riportando un valore  $DW = 1,8791$  ed un  $p - value = 0,1245$ . Come indicato anche da *Statology*, pur essendovi una leggera autocorrelazione positiva tra i residui, in quanto la statistica è compresa fra i valori  $1.5 < x < 2.50$ , si può accettare il modello (<https://www.statology.org/durbin-watson-test-r/>).

### Breusch-Pagan test

Ultimo step, prima della definizione del modello finale, è stato il Breusch-Pagan test. Il test ha riportato un  $p - value > 0,05$ , tale per cui non si può rifiutare l'ipotesi nulla e l'omoschedasticità del modello non risulta essere respinta.

BP	DF	P-value
5.0481	10	0.8879

**Tabella 5**

*Breusch - Pagan test – risultati per il modello finale*

## Capitolo 3 – Discussione dei risultati

### 3.1. Il modello salariale predittivo

Il modello finale (Tabella 6) si presenta nella seguente forma. A giustificare l'attendibilità, è la presenza di un elevato valore di  $R^2 = 0.7244$ , indice che le variabili indipendenti riescono a spiegare accuratamente la variabile dipendente (*SALARY*).

COVARIATE	$\beta - estimate$	STANDARD ERROR	T-value	P-value
(Intercept)	14.5349021	0.3576277	40.643	< 2e-16 ***
INTER	0.0975963	0.0637094	1.532	0.126441
EXP	0.1189285	0.0173861	6.840	3.48e-11 ***
DLEAGUE	-0.3523338	0.1178633	-2.989	0.002991 **
AGE	-0.0329550	0.0158221	-2.083	0.037983 *

<b>PTS</b>	0.0695424	0.0084781	8.203	4.40e-15 ***
<b>AST</b>	0.0721829	0.0297009	2.430	0.015582 *
<b>REB</b>	0.0506226	0.0152103	3.328	0.000966 ***
<b>TOV</b>	-0.1376225	0.0890061	-1.546	0.122946
<b>MIN_GP</b>	0.0001248	0.0000660	1.890	0.059519 .
<b>W_GP</b>	0.0046308	0.0019592	2.364	0.018636 *

**Tabella 6**

*Modello finale (forma tabellare)*

### **Modello Finale – forma distesa**

*Multiple R-squared:  $R^2 = 0.7244$*

*Adjusted R-squared:  $Adj R^2 = 0.7166$*

*F-statistic for all covariates to be equal to zero: 93.05 on 10 and 354 DF*

*P-value for all covariates to be equal to zero:  $< 2.2e - 16$*

Equation:  $\log(\text{Salary}) = 14.5349021 + 0.0975963 X [\text{INTER}] + 0.1189285 X [\text{EXP}] - 0.3523338 X [\text{DLEAGUE}] - 0.0329550 X [\text{AGE}] + 0.0695424 X [\text{PTS}] + 0.0721829 X [\text{AST}] + 0.0506226 X [\text{REB}] - 0.1376225 X [\text{TOV}] + 0.0001248 X [\text{MIN\_GP}] + 0.0046308 X [\text{W\_GP}]$

### **3.2. L’impatto delle Covariate**

Dopo esser stato delineato, il modello finale è stato indagato circa le singole covariate, con il fine ultimo di identificarne il peso e la significatività.

#### **INTER**

La variabile *INTER*, si presenta correlata positivamente con l’Intercetta (*SALARY*), ciò vuole sintetizzare, che provenire dall’estero e giocare all’interno della Lega ha un effetto direttamente positivo sul compenso percepito. In termini percentuali, il campione preso in esame è composto dal 26,7% da giocatori internazionali. L’Internazionalità dimostra avere poco impatto nel modello finale poichè detiene bassi valori di *Eta Squared* (1.532). Inoltre, la presenza di uno dei più alti valori di *p-value* (0.126441) registrati, indicano poca significatività.

#### **EXP**

Il processo di definizione dell’algoritmo ed i tentativi che hanno portato alla sua forma finale, hanno esplorato su tutte maggiormente questa variabile. La covariata in oggetto detiene una correlazione positiva con la variabile dipendente (*SALARY*), per cui ad un aumento unitario degli anni, corrisponderà un effetto positivo

sul salario. Tra le 45 selezionate, inoltre L'Esperienza (*EXP*) rappresenta l'unica variabile con un elevato peso "finanziario". Gli anni maturati all'interno della lega per l'appunto, costituiscono una sorta di garanzia sia per le franchigie durante la valutazione del giocatore, sia per quest'ultimo, il quale avrà dei minimi salariali che dovranno essergli riconosciuti per gli anni che ha collezionato sul terreno di gioco. Non a caso, la maggior parte dei contratti più elevati è detenuta dai giocatori con maggiore esperienza. Durante l'acquisizione o vendita di un giocatore, diventa allora importante nell'ottica di una squadra dare il giusto peso all'esperienza, in modo da evitare di occupare spazio salariale con giocatori esperti ai quali dovranno essere corrisposti obbligatoriamente tali minimi salariali. L'Esperienza costituisce così una delle variabili che impatta maggiormente all'interno del modello, possedendo un *Eta Squared* (6.840), ed allo stesso tempo una delle più significative con valore di *p-value* (3.48e-11).

### *DLEAGUE*

La variabile dummy *DLEAGUE* rappresenta la variabile "spartiacque", fra i giocatori pienamente consolidati all'interno della lega e coloro i quali tentano ancora di trovare un posto fisso alla tavola. Con un valore  $\beta$  – *estimate* di -0.3523338, impatta particolarmente sulla definizione del salario finale. In riferimento a tutto il campione (365 unità), gli atleti che sono scesi in campo anche nella lega minore (*D League*) durante la stagione 2020/21 sono stati 24. Di questi ultimi, il 67% non supera il 2% come peso all'interno del monte ingaggi della propria squadra. Si dimostra particolarmente significativa, detenendo valori di *Eta Squared* (-2.989) e *p-value* (0.002991).

### *AGE*

A primo impatto, la variabile "età" presenta valori di *Eta Squared* (-2.083) e *p-value* (0.037983) nella norma, non avendo quindi un particolare rilievo nel modello. Dal punto di vista sintattico, tuttavia l'età è correlata negativamente con il salario, motivo per cui un giocatore anziano dovrebbe nel corso degli ultimi anni di carriera percepire dei compensi minori. Ciò, è provato dal fatto di trovare difficilmente giocatori che superino i 35 anni di età con prestazioni pressoché simili agli anni al culmine della carriera.

### *PTS*

La variabile relativa ai "*points*" è quella senza ombra di dubbio che detiene il maggior impatto e significatività, presentando fra le covariate maggior valore di *Eta Squared* (8.203) ed il minore *p-value* (4.40e-15). I punti costituiscono il principale mezzo di misura fra i giocatori, poiché particolarmente riassuntivo dell'evento sportivo. La variabile è correlata positivamente con il salario, motivo per cui ad aumento della media di punti mandati a referto, corrisponde un aumento del compenso.

### AST

La variabile “*assists*” presenta valori bassi sia *Eta Squared* (2.430) che *p-value* (0.015582) non avendo particolare peso all’interno del modello, ma con una significatività accettabile ed una correlazione positiva con la variabile dipendente. Insieme ai “*points*”, tale statistica descrive una parte significativa della vittoria.

### REB

I “*rebounds*” costituiscono una variabile con medio impatto in termini di *Eta Squared* (3.328) ma con elevatissima significatività in termini di *p-value* (0.000966), rappresentando, unitamente ai *PTS* ed all’*EXP*, le variabili maggiormente significative a livello statistico. La variabile risulta correlata positivamente con il salario (*SALARY*), e descrive il fenomeno sportivo da un doppio aspetto di gioco: (i) offensivo (*offensive rebounds*) e (ii) difensivo (*defensive rebounds*).

### TOV

I “*turnovers*”, presentano un valore basso di *Eta Squared* (-1.546) ed alto di *p-value* (0.122946), costituendo quindi una variabile con poco impatto e significatività per il modello. È interessante osservare però la natura negativa della correlazione con la variabile dipendente, evidenziando come ad un aumento di palle perse (*turnovers*) corrisponde una diminuzione del salario, con un peso di  $\beta - estimate = -0.1376225$ .

### MIN\_GP

I “minuti giocati” durante il corso della stagione, rappresentano una variabile sbarramento che tuttavia non ricopre un ruolo particolarmente di rilievo nel modello, sia in termini di impatto *Eta Squared* (1.890) sia di *P-value* (0.059519). Logicamente, un giocatore che presenta un alto valore in questa variabile, è allo stesso tempo una risorsa molto impiegata all’interno del terreno di gioco, e sicuramente più pagato.

L’analisi di dispersione effettuata sul campione ha fatto emergere, come nel 52,3% dei casi i giocatori con un minutaggio superiore a 1770,2 (valore coincidente con il terzo quartile *Q3*) ricoprono una percentuale del *Salary Cap* per la loro franchigia maggiore del 10%. Contrariamente, il 54,1% degli atleti con un minutaggio inferiore ad un valore di 756 (coincidente con il primo quartile *Q1*) contano all’interno dello spazio salariale meno del 2%. Si dimostrano così le assunzioni teoriche.

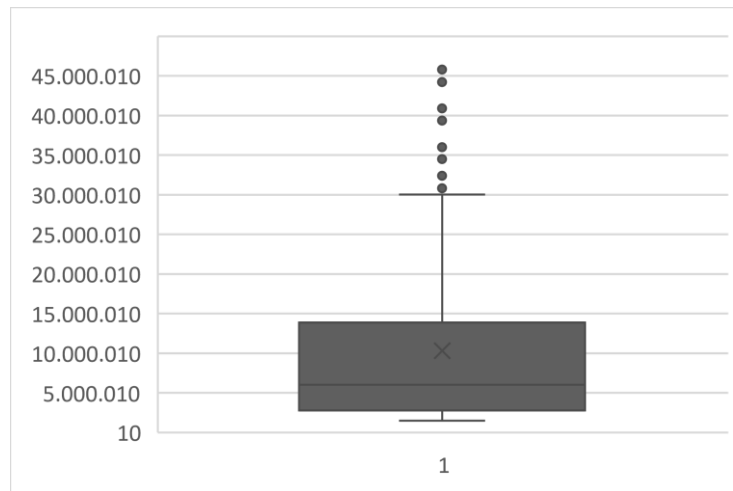
In ultima istanza, tale variabile rappresenta la chiave di lettura principale nella valutazione degli atleti che hanno subito infortuni durante la stagione e per tale motivo sono rimasti fuori dal campo di gioco. È di facile intuizione, che coloro i quali hanno subito infortuni durante la stagione 2020/21 ed hanno quindi ottenuto un minutaggio sotto la media, saranno soggetti ad una sopravvalutazione del loro compenso secondo il modello. La discussione dei risultati farà maggior chiarezza sul fenomeno.

$W_{GP}$

La variabile “wins” per “games played”, infine, presenta anch’essa valori nella norma di *Eta Squared* (2.364) e di *P-value* (0.018636), per la quale è abbastanza significativa. La covariata in oggetto esprime la percentuale di vittoria che un giocatore detiene sul totale di partite giocate.

### 3.3. Analisi di dispersione

Antecedentemente la discussione dei risultati ottenuti dalla regressione lineare, al fine di ottenere una rappresentazione facilmente interpretabile del campione oggetto di studio, un’analisi di dispersione avente in oggetto i salari osservati è stata eseguita:



**Figura 8**

*Box Plot – Analisi di dispersione dei salari osservati*

Il *box-plot* appena presentato sintetizza così la distribuzione dei salari osservati fornendone una chiara rappresentazione, ma cosa ancor più importante identifica il limite dell’*outlier* superiore ad un valore di \$30.138.520.

### 3.4. Analisi dei risultati

Dopo aver delineato l’algoritmo, l’elaborato si è concentrato sull’analisi e sulla valutazione dei risultati ottenuti mediante la regressione lineare multivariata. Nello specifico, per ottenere stime più attendibili e descrivere il fenomeno nella sua più grande interezza, l’elaborato ha studiato i risultati ottenuti sulla base di gradi di esperienza (*EXP*). I giocatori sono stati così suddivisi in tre differenti classi (“*Freshers*”, “*Experts*” e “*Veternans*”) e presentati i più significativi delle stesse.



### 3.4.1. Classe 1 – Freshers

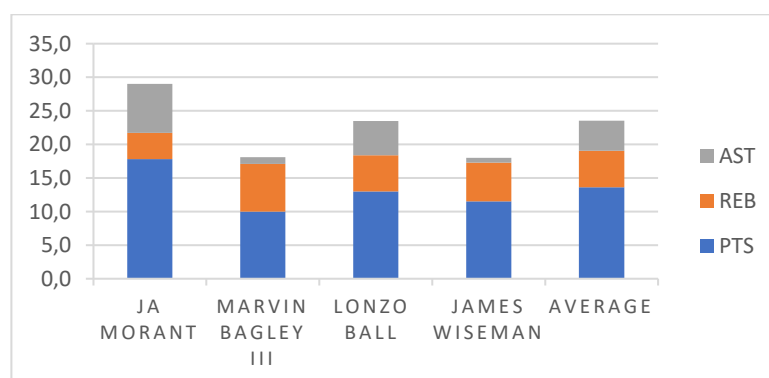
La prima classe, “*freshers*”, formata da 154 unità, è quella appartenente ai giocatori con *EXP* compresa tra 1 – 3 anni, ossia atleti con poca esperienza. Di seguito se ne presentano i casi più significativi per anno di esperienza (*EXP*):

PLAYER	EXP	SALARY OBS	NEW SALARY
James Wiseman	1	\$ 9.166.800,00	↓ \$ 4.197.665,82
Zion Williamson	2	\$ 10.733.400,00	↑ \$ 18.331.401,55
Luka Doncic	3	\$ 10.174.391,00	↑ \$ 29.142.028,28
Trae Young	3	\$ 8.326.471,00	↑ \$ 19.140.534,82

**Figura 9**

*Freshers - Salari osservati vs Nuovi salari*

1. *James Wiseman* – centro (*CENTER*) statunitense anno 2001, selezionato alla seconda scelta overall dai Golden State Warriors al draft nell’anno 2020. Secondo il modello, il giocatore è sopravvalutato per le prestazioni registrate in campo, e ciò è rispecchiato dalle medie stagionali di 11,5 *PTS*, 5,8 *REB* e 0,7 *AST* a fronte di uno stipendio di oltre 9 mln\$ riconosciuto ad una seconda scelta come Wiseman. Un’analisi di benchmark è stata effettuata rapportando le medie registrate dai giocatori scelti al secondo anno del draft negli ultimi tre anni.



**Figura 10**

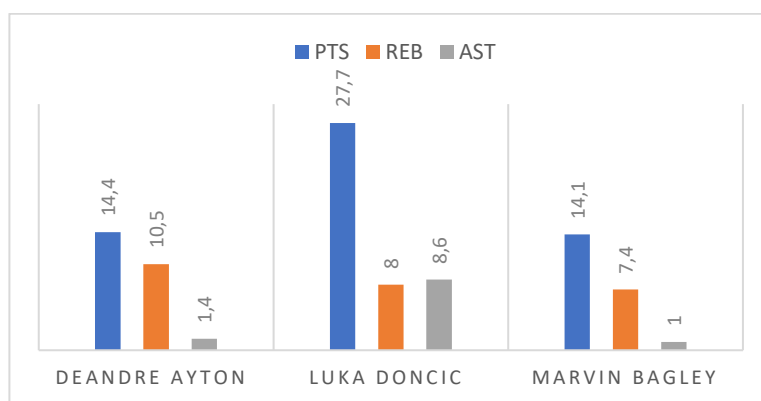
*Benchmark di performance - 1st round draft (2nd scelta)*

È di facile intuizione, come il giocatore presenti valori di poco superiori alla media per la sola statistica *REB*; tuttavia, è under performante nelle altre voci esaminate se paragonato alle medie generali.

In aggiunta a ciò, sono principalmente due i fattori che impattano maggiormente in tale valutazione. Il primo è costituito dall’*EXP*, che sicuramente gioca a sfavore del giocatore, essendo al suo primo anno all’interno della lega, ma, oltre a ciò, impatta maggiormente l’infortunio subito ad Aprile ’21, che ha limitato i minuti trascorsi sul terreno di gioco (*MIN\_GP*), posizionandoli sotto la media generale.

2. *Zion Williamson* – ala (*FORWARD*) statunitense anno 2000, scelto alla prima scelta assoluta al draft 2019 dai New Orleans Pelicans. Considerato al suo ingresso nella lega uno dei nuovi astri nascenti della pallacanestro moderna, il giovane di North Carolina ha dimostrato qualità paragonabili a pochi eletti sul campo da gioco, collezionando una media per partita di 27 *PTS* (+ 20%), 7,2 *REB* (+14,3%) e 3,7 *AST* (+76,2%) per la stagione regolare 2020/21. Pur rappresentando uno dei maggior prospetti per il futuro della lega, la struttura fisica da oltre 128 kg per i 201 cm di altezza, costituisce attualmente il tendine d’Achille dell’atleta e gli infortuni che ne derivano da essa rappresentano l’enigma principale sulla valutazione in ottica di lungo termine del giocatore da parte degli esperti.
3. *Luka Doncic* – guardia (*GUARD*) slovena anno 1999, scambiato come terza scelta assoluta nel 2018. Arrivato nella Lega da oltre oceano, Doncic è ampiamente considerato come uno degli atleti che scriveranno la storia di questa lega e della pallacanestro mondiale. L’internazionalità (*INTER*), correlata per la regressione positivamente con il compenso, non ha inizialmente costituito un valore aggiunto agli occhi degli esperti, troppo focalizzati sui limiti fisici che un giocatore europeo riscontra normalmente se paragonato ai pari americani. Le performance da 27,7 *PTS*, 8 *REB* e 8,6 *AST* medi a partita, hanno collocato Doncic ad ampio titolo fra i miglior giocatori dell’intera Lega (*All-Stars*) e fra i candidati al titolo di MVP della regular season, giustificando il salario poco inferiore a 30 mln di \$ proposto dal modello.

Di seguito un grafico che confronta le prestazioni dell’atleta, relative la stagione 2020/21, con quelle dei giocatori scelti prima dello sloveno al draft 2018.

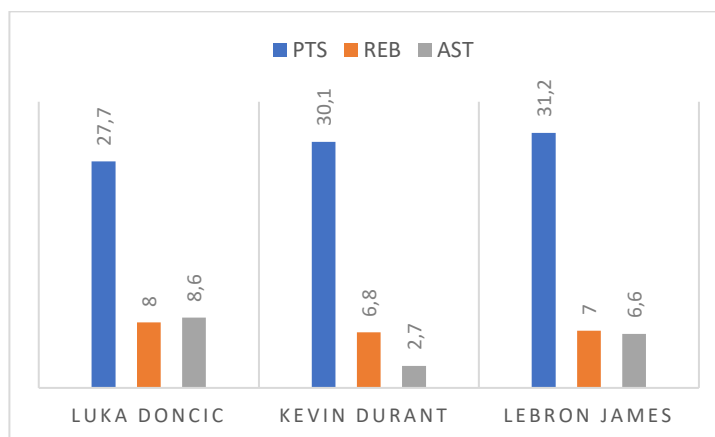


**Figura 11**

*Medie stagionali (2020/21) dei primi 3 giocatori selezionati al draft 2018*

La prova del nove è per altro costituita dal contratto da cumulativo di 207,1 mln\$ (41,42 mln\$ all’anno) sottoscritto fra l’atleta ed i Dallas Mavericks a partire dal 2022/23 per le 5 stagioni a venire, che la rendono la più onerosa estensione per un giocatore avente ancora un contratto da *rookie* nella storia della NBA. Per dare spiegazione del perché un giocatore così giovane sia paragonato ai più grandi che

hanno calcato il campo da basket, nel seguente grafico sono state confrontate le prestazioni del giocatore con quelle registrate da Kevin Durant ('09) e LeBron James ('05) durante il loro rispettivo terzo anno di gioco all'interno della lega.

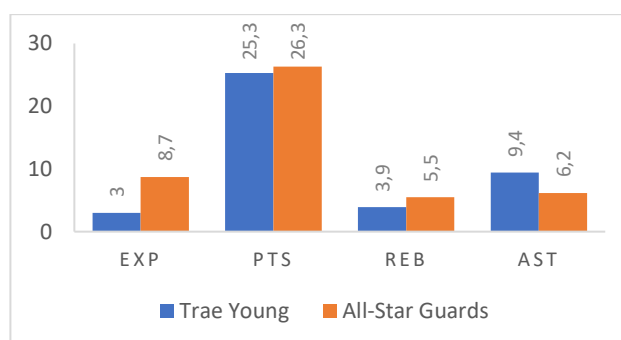


**Figura 12**

*Luka Doncic vs All-Star players*

Come è possibile denotare dal grafico, Doncic presenta valori di poco inferiori per la statistica *PTS*, ma domina nelle altre due voci (*REB* ed *AST*). La giovinezza (*AGE*) e l'internazionalità (*INTER*) giocano sicuramente a favore dello sloveno; tuttavia, la poca esperienza (*EXP*) e quindi la necessità di garantire prestazioni a lungo termine agli occhi del modello rappresentano ancora un ostacolo per la sua completa affermazione all'interno della Lega.

4. *Trae Young* – guardia (*GUARD*) statunitense anno 1998, selezionato nel medesimo draft di Luka Doncic (2018). Insieme a quest'ultimo, sono stati gli unici giocatori con massimo 2 anni di *EXP* ad essere stati selezionati per l'All-Star Game dall'anno 2018, ovvero ad essere inclusi nella lista dei migliori giocatori della NBA. Tali riconoscimenti, non sono altro che il frutto delle prestazioni registrate sul campo di gioco, paragonabili a quelle dei leader della NBA.



**Figura 13**

*Trae Young vs All-Star guards*

La Figura 13 confronta le medie di Young con quelle delle guardie (*GUARD*) selezionate per l'All Star Game durante la stagione 2020/21. Dai dati, è facilmente osservabile come nonostante un divario penalizzante di *EXP* fra il giocatore target ed il gruppo analizzato, il salario di oltre 19 mln\$ definito dal modello per la stagione 2021/22, rispecchia ampiamente le prestazioni che il giocatore ha registrato durante la stagione, a fronte di quello percepito di poco più di 8 mln\$, portandolo ad essere sottostimato e candidabile nel futuro prossimo ad ottenere salario medio da 30 mln\$ come quello percepito dalle guardie analizzate partecipanti l'All-Star Game 2020/21.

Per altro, come nel caso di Doncic, lo stesso Young ha già sottoscritto un'estensione contrattuale con gli Atlanta Hawks a partire dalla stagione 2022/23 dell'importo massimo di 207 mln\$ (circa il 30% del *Salary Cap*) nei prossimi 5 anni, che verranno riconosciuti per intero se il giocatore raggiungerà gli obiettivi minimi ai fini dell'applicazione della regola "*Derrick Rose*". Tale criterio di performance prevede i seguenti requisiti da raggiungere nella stagione prima della firma o in due delle tre precedenti stagioni:

- a) Essere selezionato per l'*All-NBA Team*
- b) Aver vinto un premio "*MVP*" oppure un "*Defensive Player of the Year*".

### 3.4.2. Classe 2 – Experts (EXP 4-7 anni)

La seconda classe, *EXPERTS*, composta da 118 unità, rappresenta il cluster di atleti con esperienza compresa tra 4 – 7 anni. Solitamente, un giocatore che ha collezionato una tale esperienza si è ormai creato una propria identità all'interno della NBA, motivo per cui è proprio durante questa fase della carriera che normalmente il contratto del giocatore subisce cambiamenti importanti, sia in termini di compenso che di tipologia del contratto:

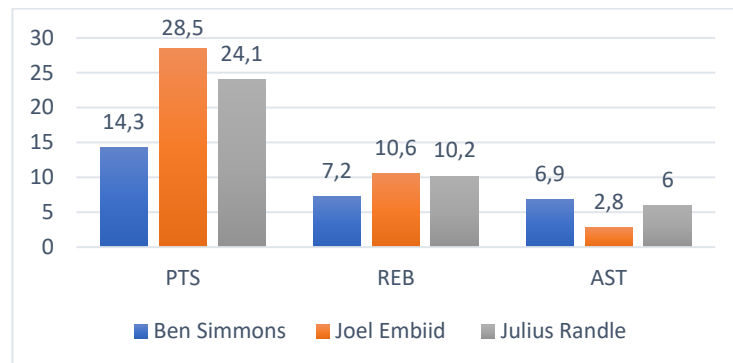
PLAYER	EXP	SALARY OBS	NEW SALARY
Ben Simmons	5	\$ 33.003.936,00	↓ \$ 13.938.471,36
Kristaps Porzingis	6	\$ 31.650.600,00	↓ \$ 19.128.164,07
Nikola Jokic	6	\$ 31.579.390,00	↑ \$ 46.617.897,21

**Figura 14**

*Experts - Salari osservati vs Nuovi salari*

1. *Ben Simmons* – guardia (*GUARD*) australiana anno 1996 anch'esso scelto alla prima scelta assoluta dai Philadelphia 76ers durante il draft 2016. A differenza di Fultz, Simmons ha dimostrato nei primi anni di carriera di poter essere uno dei migliori del suo ruolo, venendo insignito del premio di "*Rookie of the Year*" ed ottenendo tre convocazioni per l'All-Star Game. Pur avendo fatto sognare gli addetti con un inizio brillante, i mancati miglioramenti tecnici (soprattutto del gioco perimetrale) giustificano la sopravvalutazione del giocatore da parte del modello. Durante la stagione 2020/21, Simmons ha

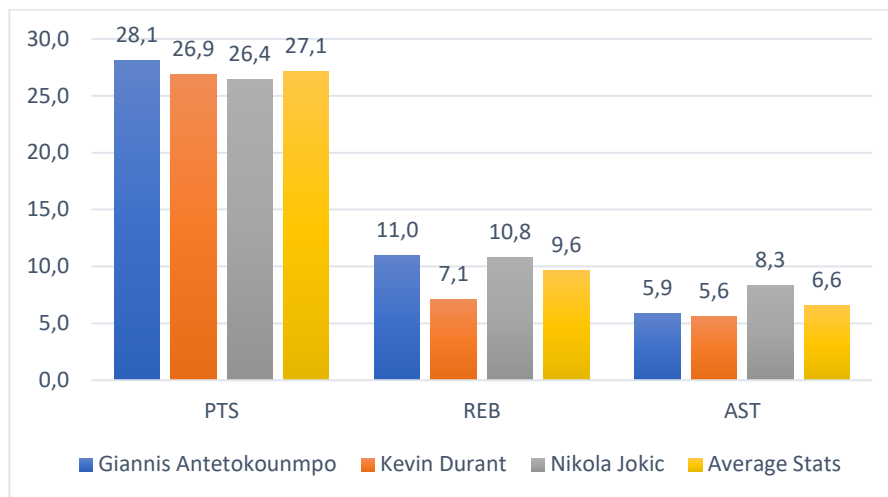
collezionato 14,3 *PTS*, 7,2 *REB* e 6,9 *AST* a partita. Tali performance risultano essere sensibilmente minori rispetto ai giocatori con simile esperienza, e che secondo il modello statistico dovrebbero percepire cifre intorno i 33 mln\$, giustificando la valutazione di quasi 14 mln\$. Tali osservazioni sono dimostrate come di seguito.



**Figura 15**

*Ben Simmons vs Experts*

2. *Kristaps Porzingis* – centro (*CENTER*) lettone anno 1995, scelto al numero quattro nel draft del 2015 dai New York Knicks, attualmente in forze ai Washington Wizard dopo una lunga parentesi ai Dallas Mavericks (fino al 2021). Il giocatore percepirà nel corso dell'anno 2021/22 circa 31.5 mln\$, compenso che il modello ha reputato distante dal reale contributo dato in campo da parte dal lettone. Se paragonate a quelle di giocatori la cui valutazione si aggira attorno al salario realmente percepito da Porzingis, le performance sono state al di sotto della media, motivo per cui il modello propone un salario di circa 19 mln\$.
  
3. *Nikola Jokic* – centro (*CENTER*) serbo anno 1995, selezionato alla 41° scelta (secondo round) al draft 2014 da parte dei Denver Nuggets. Il talento serbo è considerato come uno dei migliori pivot della storia NBA , principalmente per le doti tecniche fuori dal comune per un atleta della sua stazza (213 cm per 129 kg). Le prestazioni registrate per la stagione 2020/21, hanno definitivamente consacrato Jokic nell’olimpico del basket, venendo insignito del premio di MVP (“*Most Improved Player*”). Come detto, le statistiche supportano l’opinione degli esperti che lo etichettano come un “*All around player*”, essendo stato per la stagione in cima oltre che per le classifiche realizzative (*PTS*), anche per quelle concernenti i *REB* e gli *AST*. Secondo il modello, l’atleta serbo (*INTER*) è sottovalutato per le prestazioni registrate in campo, attribuendone un valore intorno ai 46 mln\$, ovvero valore che si trova in linea con il massimo salariale previsto dalla stagione 2021/22. Per dare evidenza empirica a quanto detto, l’elaborato ha confrontato le prestazioni di Jokic con quelle registrate da Giannis Antetokounmpo e da Kevin Durant, due All-Star con simile valutazione.

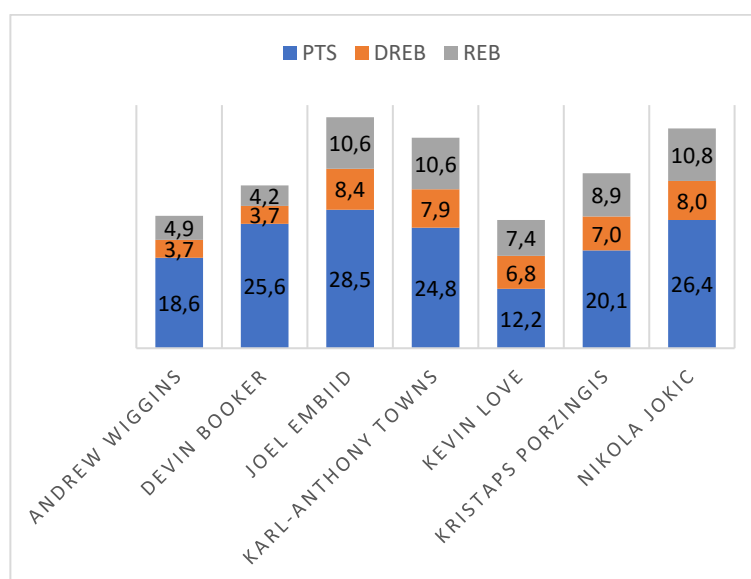


**Figura 16**

*Nikola Jokic vs All-Star Experts con simile valutazione*

Eccezion fatta per le statistiche in termini realizzativi *PTS*, l'atleta serbo ha registrato valori sopra la media sia per la voce *REB* che per gli *AST*, confermando la tesi fin qui sostenuta.

Se paragonate agli atleti che percepiranno alla fine della stagione regolare 2021/22 un compenso simile a quello di Jokic, il divario in termini di prestazioni è visibile ad occhio nudo.



**Figura 17**

*Nikola Jokic vs Experts con simile salario*

Nel campione preso ad esame, emergono come atteso le prestazioni di Nikola Jokic, alle quali si affiancano quelle del camerunense Joel Embiid (*CENTER*), atleta anno 1994 quotato anch'esso per la corsa al titolo di MVP, e sottovalutato dal modello statistico osservando il salario percepito per la stagione 2021/22 in confronto alle prestazioni registrate sul campo.

### 3.4.3. Classe 3 – Veterans (EXP 8-10 anni)

La terza ed ultima classe, *VETERANS*, minore in termini numerici con 93 unità, è quella composta da giocatori con esperienza compresa fra 8 – 10+ anni. Gli atleti compresi in questo cluster, costituiscono sicuramente lo zoccolo duro della lega, e non a caso sono coloro che presentano tendenzialmente salari più elevati. Ciò è dovuto, da una parte dal fatto che i giocatori con tali anni di esperienza sono ormai considerati affermati e quindi garanti di performance qualitativamente elevate, dall'altra perché il sistema finanziario del *Salary Cap* prevede un minimo salariale che nel loro caso è il più alto della Lega. Le unità statistiche, per le quali il modello ha prodotto compensi che si discostano sensibilmente dall'osservazione del limite massimo dell'outlier (\$30.138.520), dovranno essere valutate singolarmente, poiché giocatori che per performance si discostano sensibilmente dal campione osservato (*outliers*). Qui di seguito, se ne presentano i risultati:

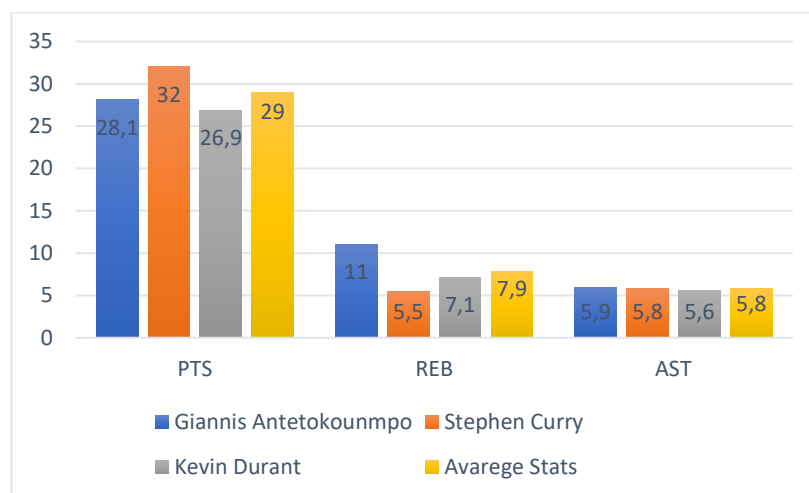
PLAYER	EXP	SALARY OBS	NEW SALARY
Giannis Antetokounmpo	8	\$ 39.344.900,00	↑ \$ 51.180.919,54
John Wall	11	\$ 44.310.840,00	↓ \$ 19.097.076,00
Stephen Curry	12	\$ 45.780.966,00	↑ \$ 57.647.552,20
LeBron James	18	\$ 41.180.544,00	↑ \$ 77.645.756,40

**Figura 18**

*Veterans – Salari Osservati vs Nuovi Salari*

1. *Giannis Antetokounmpo* – ala grande (*FORWARD*) greca anno 1994 selezionato al numero quindici durante il draft del 2013. Attualmente in forze ai Milwaukee Bucks, di cui ne è diventato leader e trascinatore degli ultimi anni. Antetokounmpo, rappresenta un unicum sul campo da basket, costituendo uno dei pochissimi casi in cui lo strapotere fisico (211 cm per 110 kg) è allo stesso tempo accompagnato da abilità tecniche non comuni fra giocatori di quella stazza. L'atleta, pur avendo iniziato una carriera con poche aspettative, è riuscito negli anni ad allargare a dismisura il proprio bagaglio tecnico fino ad essere riconosciuto come il fattore comune delle ultime stagioni. I riconoscimenti, personali e di squadra, attestano quanto detto sin qui. Durante la stagione 2020/21, il greco, ha riportato a Milwaukee un titolo (NBA Championship) che mancava da oltre 50 anni, venendo insignito per la prima volta del premio di MVP delle Finals all'unanimità. Oltre a ciò, il giocatore è stato inoltre eletto MVP della stagione regolare consecutivamente per il 2018-19 e 2019-20, anno, quest'ultimo, in cui è stato per altro nominato *Defensive Player of the Year (DPOY)*. I premi assegnati, non rispecchiano altro che le prestazioni registrate dall'atleta che per la stagione in oggetto sono state di 28,1 *PTS*, 11,0 *REB* e 5,9 *AST* di media per partita giocata. Tali medie, lo collocano all'interno delle top 10 stagionali, sia per la statistica relativa ai punti che per quella afferente ai rimbalzi, motivo per cui, per il modello l'attuale salario di circa 39 mln\$ è sottostimato. Al fine di dare una rappresentazione chiara del fenomeno ed esplicativa di una valutazione così elevata, l'elaborato ha confrontato le medie

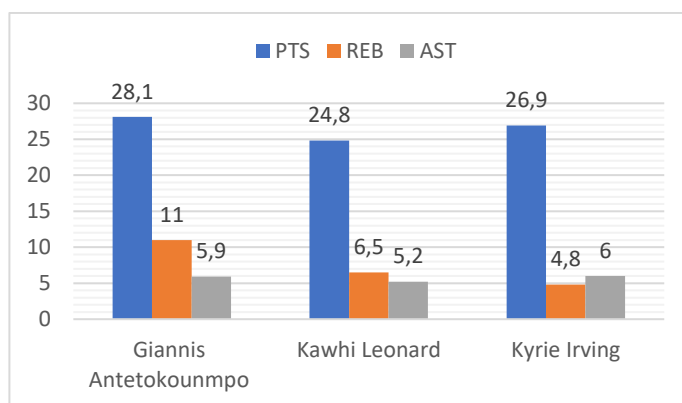
stagionali del giocatore, con quelle di due veterans, ormai affermati e considerati leaders della Lega da anni, ovvero Stephen Curry (*GUARD*) e Kevin Durant (*FORWARD*).



**Figura 19**

*Giannis Antetokounmpo vs All-Stars Veterans*

L'istogramma (Figura 19) mostra come le prestazioni dei tre giocatori si equivalgono pressoché in media, compensandosi per le posizioni che gli atleti ricoprono sul campo da gioco e giustificando una valutazione simile fra le tre unità, al cui interno pesa il grado di esperienza. Come ulteriore riprova, al fine di giustificare tale valutazione oltre i massimi salariali, le medie stagionali di Antetokounmpo sono state confrontate con atleti a cui il modello riconosce compensi simili a quanto il giocatore greco percepirà da contratto durante la stagione 2021/22.



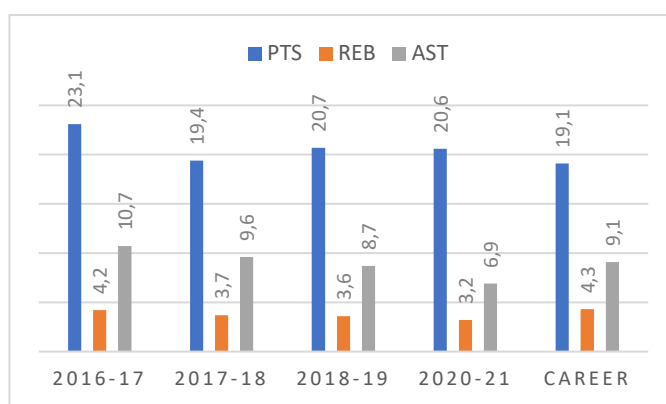
**Figura 20**

*Giannis Antetokounmpo vs Veterans con simile salario*

È di facile comprensione, come le statistiche dei due atleti (Leonard ed Irving), siano visibilmente minori in media di quelle registrate dal giocatore ateniese, giustificando a pieno titolo una valutazione almeno pari al massimo salariale.



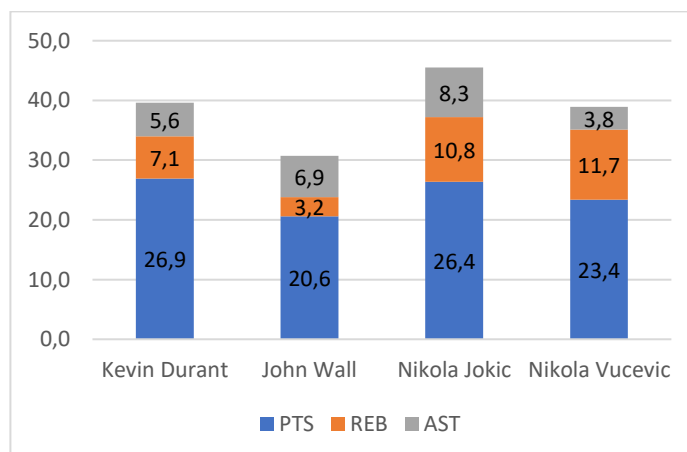
2. *John Wall* – guardia (GUARD) americana anno 1990, chiamato alla prima scelta assoluta del draft 2010 dai Washington Wizards, ed attualmente alla corte degli Houston Rockets. La “*point guard*” proveniente da Kentucky dimostra durante i primi anni di carriera di avere la stoffa per competere con migliori del ruolo, ne sono dimostrazione le continue convocazioni all’All-Star Game (2014-2018). La grande capacità realizzativa trova riscontro nella forza fisica dominante suoi pari ruolo, facendo di Wall uno dei migliori difensori della lega. Se pur dotato di una rara esplosività, il fisico dell’atleta statunitense è andato incontro a lunghi periodi di stop a causa di infortuni. Le ultime stagioni non sono state altro che la conferma delle aspettative degli esperti, nelle quali si rivede un atleta in una fase calante della carriera. Tali assunzioni, vengono dimostrate proiettando le prestazioni registrate dal giocatore durante il corso delle stagioni.



**Figura 21**

*John Wall performances (2016-2021)*

Le statistiche del giocatore, risultano lontane da quelle registrate da coloro ai quali viene riconosciuto un compenso simile a quello di Wall, ovvero circa 44 mln\$; motivo per cui il modello ne sottostima il valore attuale. Con il fine ultimo di dare evidenza a quanto argomentato, le prestazioni di Wall vengono di seguito confrontate con quelle detenute da giocatori definiti dal modello meritevoli di percepire tale compenso.

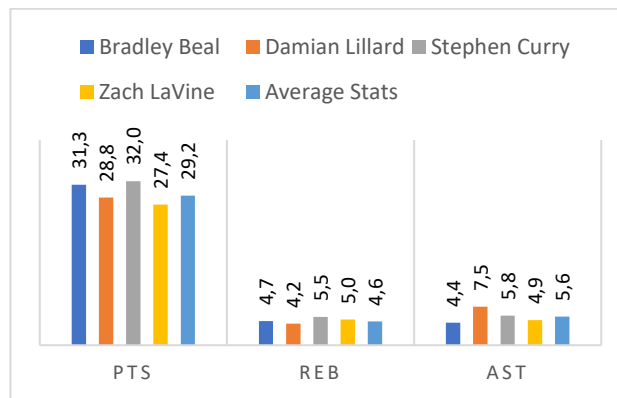


**Figura 22**

*Performance Analysis - John Wall vs Players con simile salario*

In sintesi, il contratto attuale di Wall, non rispecchia l'effettivo valore riportato sul campo da gioco, ed il modello ne propone una riformulazione a circa 19 mln\$.

3. *Stephen Curry* – guardia (*GUARD*) statunitense anno 1988, selezionato con la settima scelta al draft del 2009 da parte dei Golden State Warriors. Nonostante i dubbi iniziali riguardanti la fisicità e gli infortuni, la carriera del nativo di Akron è entrata di diritto fra i più grandi giocatori di tutti i tempi, scrivendo interi capitoli di questo sport. Curry, è ampiamente riconosciuto come il più grande tiratore di tutti i tempi e congiuntamente il “*game changer*” della nuova pallacanestro dall'era post Michael Jordan. Ne sono la dimostrazione i premi individuali e di squadra raggiunti, tra i quali essere stato il primo ed unico MVP all'unanimità. Per la stagione in oggetto, i 32 *PTS* di media lo decretano “*scoring leader*”, in cui si registrano 5,3 *3PM* (tiri da 3pt realizzati) a fronte dei 12,7 *3PA* (tiri da 3pt tentati) per partita. A livello contrattualistico, Curry percepisce il più alto ingaggio dell'intera NBA, ovvero circa 45,8 mln\$ l'anno. L'accordo firmato con i GS Warriors prevedrà per l'ultimo anno (2025/26) un libro paga di circa 60 mln\$. Le stime ricavate dalla regressione lineare, delineano un compenso del giocatore a cifre simili alle proiezioni del contratto attualmente sottoscritto, intorno ai 57.5 mln\$. Tali assunzioni sembrano confermate se paragonate alle prestazioni dei migliori pari ruolo della Lega.

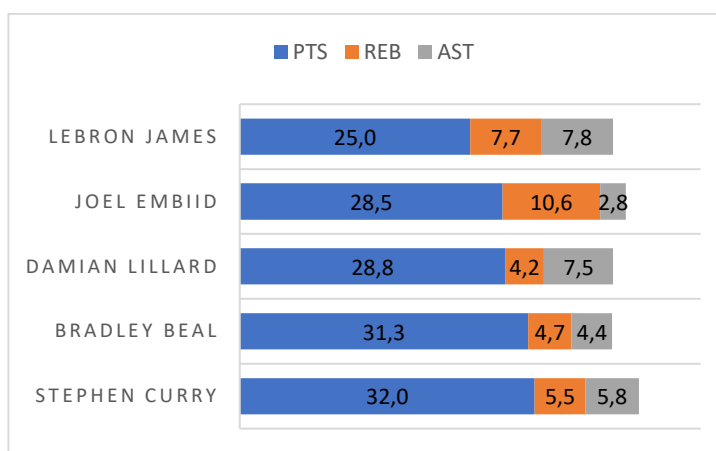


**Figura 23**

*Performance Analysis – Stephen Curry vs Guards*

Le prestazioni di Curry, distaccano le media del campione soprattutto nella voce *PTS*, la quale costituisce la variabile direttamente più impattante sul risultato e quindi sulle vittorie di una squadra, nonché più significativa del modello predittivo proposto dall'elaborato.

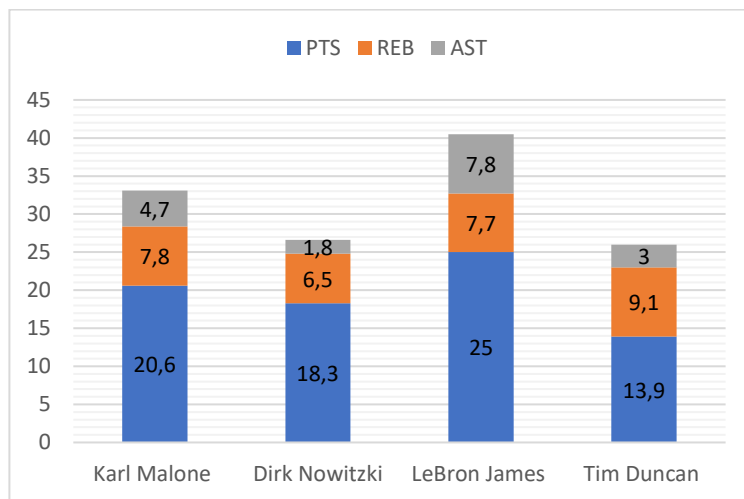
4. *LeBron James* – ala piccola (*FORWARD*) anno 1984, chiamato alla prima scelta assoluta dai Cleveland Cavaliers nel 2003. Entrato nella Lega immediatamente dopo la fine dell’era Jordan, James vince il premio di *ROTY* per l’anno 2004, e già considerato da tutto il mondo la nuova stella nascente del basket mondiale. Le 18 stagioni trascorse, hanno visto assegnargli 4 titoli NBA ed altrettanti premi come MVP della stagione regolare e delle finali, oltre che innumerevoli record personali ancora in evoluzione. James, rappresenta il perfetto connubio tra una soprannaturale forza fisica ed una tecnica/intelligenza cestistica propria solo dei più grandi di questo sport. A causa di un infortunio alla caviglia, la stagione in oggetto di analisi, ha visto la stella dei Lakers costretto a saltare 27 partite, massimo in carriera in una singola stagione. Nonostante ciò, l’efficienza del 17 volte All-Star non sembra essere stata intaccata, chiudendo la stagione 2020/21 con statistiche che confermano come sia ancora a pieno titolo fra i leaders della NBA. Di seguito un grafico (Figura 24) esaustivo di ciò:



**Figura 24**

*Performance Analysis – LeBron James vs All-Star Veterans*

Osservando al campione, se l’esperienza ha contribuito a determinare la solidità sul campo e quindi contrattuale di un giocatore, l’avanzare progressivo dell’età ha bilanciato l’effetto positivo essendo legata a problemi fisici (infortuni) che comportano un sensibile calo delle prestazioni. Di tali assunzioni, se ne dà dimostrazione (Figura 24) evidenziando come le performance relative alla diciottesima stagione di All-Stars come Karl Malone, Dirk Nowitzki e Tim Duncan, sono sensibilmente minori se paragonate agli anni più prolifici della carriera degli atleti.



**Figura 25**

*Performance Analysis – LeBron James vs All-Star Veterans 18<sup>th</sup> season*

Se tale legge, come dimostrato colpisce i pochi superstiti che riescono a raggiungere tali traguardi di longevità, non sembra tuttavia valere per il caso LeBron James, per il quale l'avanzare dell'età, non costituisce uno svantaggio alla produttività ed efficienza. Tale peculiarità, insieme agli innumerevoli riconoscimenti e traguardi, lo rende meritevole di essere inserito a pieno titolo tra i più grandi ad aver calcato il campo da 28 metri per 15 e giustifica una valutazione da “*outlier*”, come quella proposta dall'analisi.

Dopo una descrizione dei casi più significativi e/o eclatanti, si può confermare come il modello riesce a descrivere il fenomeno osservato con particolare attendibilità, spostando il livello della valutazione, da una mera considerazione soggettiva, all'affidabilità dei dati.

## Capitolo 4 - L’NBA Blockchain (*proof of concept*)

### 4.1. Mission & Vision

Primo passo dell'elaborato, nel tentativo di costruire un'infrastruttura tecnologica “*disruptive*”, come quella di qui presentata (“*NBA Blockchain*”), è stato quello di definire i benefici derivanti dall'implementazione della tecnologia. Tale disamina si è concentrata principalmente su tre aspetti:

- 1) Il *valore* che verrà offerto. Nel settore sportivo, ed in particolare per ciò che viene analizzato in questo elaborato, si traduce nel tentativo di aumentare il grado di fiducia delle controparti coinvolte nelle trattative di ingaggio, nello specifico nel rapporto che si instaurerà fra la franchigia e l'atleta. Grazie all'adozione degli “*Smart Contracts*”, si potranno così ridurre i costi di transazione causati

dall'asimmetria informativa e casi di inadempimento della prestazione tra le parti, semplicemente facendo venir meno l'intermediario fra i due attori. L'agente/procuratore ricoprirà, così, un ruolo puramente regolatore, costituendo una figura di controllo senza un potere decisorio durante la trattativa.

- 2) L'*accessibilità* della tecnologia costituisce un passo fondamentale, all'interno del quale si dovrà decidere se rendere la piattaforma accessibile a tutti oppure creare un sistema limitato solo per partecipanti verificati. Si tratta in sintesi di pesare i vantaggi ed i rischi di un approccio "*open-source*". La tecnologia che verrà presentata risconterà la seconda caratteristica, prevedendo l'ingresso di soli verificati attori in grado di fungere da nodi della rete. In tal modo, verrà garantita massima efficienza e trasparenza nelle obbligazioni contrattuali.
- 3) Gli *incentivi* per gli attori coinvolti costituisce l'ultimo aspetto di vitale importanza. Offrire la giusta ricompensa a coloro i quali dovranno preoccuparsi di garantire la trasparenza e la veridicità delle transazioni, rappresenta un punto focale al fine di mantenere alta la motivazione e lo sforzo del lavoratore, ricercandone la massima imparzialità ed integrità.

Nonostante l'infrastruttura salariale NBA possa costituire basi solide su cui applicare una tecnologia blockchain, l'attuale sistema contrattuale del CBA, presenta vincoli stringenti che dovrebbero essere ridiscussi.

## **4.2. Architettura blockchain**

La complessa struttura salariale NBA necessita l'adozione di un approccio "*tailor-made*", in grado di identificare opportune regole al fine di una corretta implementazione della tecnologia, non solo da un punto di vista architettureale ma anche da un punto di vista giuridico, tutelando le parti coinvolte. La NBA blockchain in tal senso riuscirà a garantire trasparenza e verificabilità non solo dei salari ma anche dei livelli approvativi interni alla Lega, costruendo un'architettura in grado di riconoscere gli attori.

### **4.2.1. Tipologia**

Al fine di garantire un ambiente con alto livello di fiducia e permettere l'ingresso/uscita delle macchine in qualsiasi momento e luogo, la programmazione dell'architettura dell'NBA Blockchain, dovrà prevedere la creazione di un meccanismo di fiducia per l'identificazione delle macchine di tipo privato. Un' "*authorized blockchain*", garantirà così l'accesso alle macchine posseditrici dei certificati crittografici emessi dall'autorità di certificazione (CA).

#### **4.2.2. Metodo di codifica**

L’NBA Blockchain dovrà incentrarsi su un meccanismo di crittografia privata, in cui le unità (nodi) della rete, avranno a disposizione una chiave segreta, concordata preventivamente, la quale servirà sia per la crittografia che per decriptazione.

#### **4.2.3. Algoritmo di consenso**

Al fine di mantenere la coerenza del Ledger tra le macchine, la piattaforma prevederà un algoritmo di consenso impiegato dalla rete. Trattandosi di una rete privata (“*blockchain permissioned*”), le macchine partecipanti saranno chiaramente identificate, per cui si potrà scegliere un insieme di macchine che avalleranno (o firmeranno) le transazioni presentate, e si riuscirà così a garantire il giusto equilibrio tra le diverse entità partecipanti (Lega, franchigie, giocatori).

#### **4.2.4. Smart Contract**

Tale tipologia di blockchain, potrà fornire una risposta più rassicurante rispetto ai limiti di fiducia precedentemente individuati, poiché non essendo gli utenti liberi di accedere alla rete, dovranno essere autorizzati o soddisfare certi requisiti. Ulteriore caratteristica del modello “*permissioned*”, vede (i) la presenza di uno o molteplici entità terze che autorizzano e pertanto identificano i soggetti che possono accedere al registro distribuito e compiere operazioni di lettura e scrittura; (ii) riesce a coniugare i valori di trasparenza, di immutabilità e di sicurezza delle blockchain garantendo a determinati soggetti la possibilità di un controllo, anche rilevante e sostanziale, sulle modalità di esecuzione delle transazioni; infine (iii), cosa più importante, garantisce il successo e l’estensione del raggio di azione degli “*Smart Contracts*” attraverso decentralizzazione e giustiziabilità, ovvero permette di individuare concretamente i destinatari degli interventi normativi, delle decisioni giudiziali e delle istanze delle parti.

## **Capitolo 5 – Il sistema salariale NBA secondo la blockchain**

Al fine di ottenere una piena applicabilità alla tecnologia blockchain ed all’algoritmo che ne sarà alla base, si richiede una riforma di alcuni aspetti del sistema salariale definiti dal CBA. Questi, permetteranno di fatto di regolamentare: (i) le tipologie dei contratti, (ii) la compensazione dei giocatori, (iii) gli scambi tra franchigie e (iv) le “*free agency*”. Di seguito se ne dà una rappresentazione.

### **5.1. Tipologia di Contratti**

In termini di tipologia di contratti, il sistema salariale 2.0 (“NBA Blockchain”), dovrà ridiscutere i seguenti temi in fase di sottoscrizione del CBA:

### 1) *Rinegoziazioni:*

- *Durata* - In termini di durata l’NBA Blockchain dovrebbe prevedere una struttura che permetta le rinegoziazioni con cadenza annuale (1 anno), modificando l’attuale sistema che pone particolari limitazioni alla discussione dei contratti. Così facendo, le franchigie potranno proteggersi da comportamenti opportunistici da parte degli atleti intenti a diminuire lo sforzo profuso. Se, ad esempio, un giocatore ha registrato delle performance non all’altezza degli standard (eccesso infortuni o malattie) il salario stimato sarà soggetto ad una variazione massima negativa dell’8% (*Qualifying Veteran* ed *Early Qualifying Veteran* che riformano nella loro) o del 5% (tutti i giocatori); viceversa chi invece aumenterà la propria produzione sul campo potrà ambire ad un aumento massimo dell’8% o 5%.
  - *Periodo* - le rinegoziazioni e la stipula dei contratti dovranno avvenire solo durante la off-season (cioè dal 1° luglio al giorno prima dell’inizio della stagione regolare).
- 2) *Opzioni* - le opzioni contrattuali previste dal *CBA*, (i) estensione durata contratto e (ii) risoluzione anticipata, dovranno essere esercitate, se presenti, entro il 30 giugno precedente l’anno dell’opzione.
- 3) *Rookie Scale Contract* - tale contratto disciplina i giocatori che faranno ingresso nella lega per la prima volta e che non avranno uno storico di prestazioni nella NBA analizzabili. Questi, potranno essere disciplinati mantenendo operativo il sistema scalare in base al quale vengono remunerato i rookie (“*Rookie Salary Scale*”).
- 4) *Two Way-Contract* - dal momento che tale tipologia di contratto, prevede uno stipendio pari al minimo applicabile, i giocatori di tale categoria otterranno un compenso secondo l’importo concordato durante la sottoscrizione del *CBA*.
- 5) Rimangono inalterate altresì le regole previste per l’*Exhibit 10 Contract* ed il *10-Day Contract*.

## 5.2 Compensazione

Sulla base retributiva, la nuova architettura potrà agganciarsi alle regole già in essere all’interno del *CBA* sottoscritto sino alla stagione 2023/24. La peculiarità del modello stimato risiede proprio nell’elevata significatività della variabile indipendente *EXP* (esperienza) la quale costituisce allo stesso tempo il fattore principale da cui dipendono i “*Maximum Player Salary*” e “*Minimum Player Salary*”.

Per ciò che concerne gli incentivi, l’algoritmo predittivo su cui si basa la blockchain, non trova alcun ostacolo nell’applicare tali variazioni di retribuzione. Il periodo di osservazione del modello attuale campiona solamente unità inerenti alla stagione regolare, ma ciò non impedirebbe di includere nelle osservazioni le

prestazioni dei playoff o eventuali premi di performance individuali, valutandoli separatamente in modo da mantenere la coerenza dei dati.

### 5.3. Free Agency

In termini di free agency, le franchigie NBA potranno sfruttare il modello statistico in fase di sottoscrizione del contratto. Questo, permetterà di stimare in termini percentuali il delta ( $\pm$ ) relativo alla variazione del compenso prevista nel piano contrattuale. Sarà in tale processo fondamentale identificare all'interno della piattaforma le tempistiche e la natura contrattuale del giocatore (*Rookie Free Agent - Veteran Free Agent - Unrestricted Free Agent - Restricted Free Agent*) al fine di rispettare le regole insite all'interno del CBA, come le tipologie di offerte applicabili (*Qualifying Offers ed Offer Sheets*).

### 5.4. Scambi (*Trades*)

La finestra aperta alle “*trades*” dovrà prevedere per:

- *Team qualificati ai playoff* - come periodo di riferimento l'inizio della stagione regolare sino alla scadenza commerciale imposta dal CBA (ovvero fino alle ore 15.00 del diciassettesimo giovedì della stagione).
- *Team non qualificati ai playoff o eliminati da essi* - potranno incominciare ad aprire le trattative di scambio dal giorno successivo all'ultima partita disputata. Nel caso delle squadre non qualificate essa coinciderà con l'ultima partita di regular season.

In sintesi, l'adozione della tecnologia blockchain permetterà di: (i) ottenere flessibilità e trasparenza nei poteri decisionali, (ii) garantire immutabilità delle transazione ed affidabilità dei dati, (iii) ridurre i costi di transazione tramite l'introduzione degli *Smart Contracts*, (iv) riqualificare la figura del procuratore sportivo rendendola una funzione di controllo, e cosa più importante, (v) tramite l'alimentazione del modello predittivo, permetterà di gestire il mercato salariale efficientemente, rendendo disponibili a tutti i nodi della rete le informazioni. Esempio pratico, riguarderà la “*finalizzazione*” della trade. Quest'ultima, così come la sottoscrizione dei contratti, non avverrà più tramite una chiamata commerciale fra Lega, squadre e procuratore, ma attraverso la nuova piattaforma blockchain che servirà a collegare gli attori (nodi della rete) automatizzandone e snellendone il processo.



## Conclusione

L'elaborato ha avuto come obiettivo quello di rispondere ad alcune domande e/o colmare le lacune della letteratura presente, definendo un modello dotato di piena applicabilità al sistema salariale NBA. L'analisi di regressione presentata in questo elaborato ha visto la definizione di un modello significativo, oltre che da un punto di vista statistico, anche semantico tra le variabili (natura della correlazione tra le covariate e la variabile dipendente). Una volta delineato il modello, ne sono stati presentati i casi pratici. L'accuratezza del modello è riuscita a cogliere le sfaccettature necessarie per la valutazione di un atleta. Ciò viene dimostrato dal fatto che i salari proposti dal modello, sono stati pressoché poi quelli rinegoziati dall'attuale sistema salariale. Essendo tale valutazione dei giocatori, oltre che vicina alla realtà, basata su un calcolo statistico e quindi di per sé un valore influenzabile dalle dinamiche della contrattazione, l'elaborato ha indagato circa quale tecnologia tra quelle esistenti, potesse permettere di eliminare le terze parti dalle trattative, rinnovando un sistema inefficiente e riqualificando il ruolo dei procuratori. La tecnologia così proposta è stata la Blockchain, che oltre a permettere la creazione di "Smart Contract", consente di: (i) mantenere una rete di attori verificata, (ii) garantire immutabilità dei blocchi di transazione, e cosa ancor più importante (iii) fornire il giusto set informativo per le decisioni di acquisto agli attori della rete. Nella storia della NBA, non mancano casi in cui i giocatori hanno apposto firme al buio su contratti multimilionari e successivamente hanno intentato cause legali contro i propri agenti/procuratori sportivi. In tal senso, l'adozione di una tecnologia blockchain avente alla base un algoritmo predittivo costantemente aggiornato, può da un lato regolamentare il mercato fornendo il giusto set informativo, e dall'altro garantire una condizione concorrenziale tramite potere decentralizzato, in cui la scelta di ingaggio (giocatori e franchigie) sarà consapevole. L'elaborato ha portato a sorprendenti scoperte nell'ambito del sistema salariale NBA, e propone attraverso l'introduzione della blockchain una rivoluzione "disruptive" dell'intero mercato salariale sportivo. Se pur l'evidenza empirica dei dati è stata dimostrata, ed al contempo stata concettualizzata un'architettura intelligente in grado di sostenere il sistema salariale, la prossima sfida per la Lega sarà quella di sconfiggere l'ostruzionismo delle terze parti, procuratori in primis, che ad oggi allontanano il mercato da una condizione efficiente. Nonostante il percorso ad una piena applicabilità sembra lontano, la lega NBA, sembra l'unica, forse perché avvantaggiata dalla natura privata, a poter dare la luce ad una così tanta richiesta innovazione nel mondo del mercato sportivo.

*"Solo coloro che saranno abbastanza folli da pensare di cambiare il mondo, lo cambieranno davvero".*

(Jobs, 2006)

## Future Discussioni

L'ambito esplorato da questo elaborato richiede ancora molti investimenti, sia di ricerca che economici, tuttavia gli ultimi anni sono stati contraddistinti da particolare sforzo nel tentativo di validare i modelli salariali e pensare al cambiamento. In una futura applicazione pratica, in cui venga di fatto costruita un'architettura blockchain con regole ben definite, l'algoritmo alla base del sistema salariale, dovrà tentare di descrivere il fenomeno della performance sportiva sempre più ad ampio raggio. L'integrazione di ulteriori metodologie di analisi, come la analisi preventiva di rischio, potranno essere implementate per migliorare la predittività del modello sugli aspetti del gioco legati agli infortuni, e su quanto essi possano impattare il salario. Oltre a ciò, possibile estensione futura della piattaforma, potrà prevedere di includere nell'analisi anche i giocatori che si sono resi eleggibili al draft in modo da avere una chiara rappresentazione dell'atleta ancor prima che esso entri nella Lega, evitando di selezionare giocatori che vengono solamente pubblicizzati dai media. Tutto ciò, e molto altro, sarà possibile solamente attraverso una proattività al cambiamento da parte della Lega e dagli attori principali del sistema, di cui oggi se ne richiede una riqualificazione.

## Bibliografia

1. Alamar, B. C. (2013). *Sports analytics: A guide for coaches, managers, and other decision makers*. Columbia University Press.
2. Albert, J., Glickman, M. E., Swartz, T. B., & Koning, R. H. (2017). *Handbook of Statistical Methods and Analyses in Sports*. CRC Press.
3. Araújo, D., & Esteves, P. (2010). *The irreducible variability of decision making in basketball. Aportaciones teóricas y prácticas para el baloncesto del futuro*. Wanceulen, 171-181.
4. Cherukupally, S. (2021). Blockchain Technology: theory and practice. *Indian Institute of Science*, 44, 75-103.
5. Durbin, J., & Watson, G.S. (1950). *Testing for serial correlation in least squares regression: I*. *Biometrika*, 37, 409-428.
6. Felin, T., & Lakhani, K. (2018). *What Problems Will You Solve With Blockchain?*. MIT Sloan Management Review.
7. Heeren, D. (1988). *The Basketball Abstract*. Prentice Hall.
8. Hennig, C., Meila, M., Murtagh, F., & Rocci, R. (2015). *Handbook of Cluster Analysis*. CRC Press.
9. James, B. (1985). *The 1985 Baseball Abstract*. Ballantine Books.
10. Kay, H. K. (1966). *A statistical analysis of the profile technique for the evaluation of competitive basketball performance*. University of Alberta
11. Lewis, M. (2003). *Moneyball: The Art of Winning an Unfair Game*. W.W. Norton Print.
12. McGuire, F. (1959). *Defensive Basketball*. Prentice Hall.
13. Mossin, J. (1966). *Equilibrium in a Capital Asset Market*. *Econometrica*, 768-783.
14. Oliver, D. (2004). *Basketball on paper. Rules and tools for performance analysis*. Brassey's, Inc.
15. Severini, T. A. (2014). *Analytic methods in sports: Using mathematics and statistics to understand data from baseball, football, basketball, and other sports*. CRC Press.
16. Sharpe, W.F. 1964. "Capital Asset Prices: a Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk" (pp. 425 - 442). *Journal of Finance*.

17. Wasserman, L. (2013). *All of Statistics: A Concise Course in Statistical Inference*. Springer Science & Business Media.
18. Wooldridge, J.M. (2013). *Introductory econometrics: A modern approach*. Cengage Learning.
19. Zuccolotto, P., & Manisera, M. (2020). *Basketball Data Science with applications in R*. CRC Press.

## Sitografia

1. Adams, L. (2018). *Four Common Misconceptions About NBA Trades*. Hoops Rumors. <https://www.hoopsrumors.com/2018/02/four-common-misconceptions-about-NBA-trades.html>
2. Bellini, M., (2018). *Smart Contracts: che cosa sono, come funzionano quali sono gli ambiti applicativi*. Blockchain4Innovation. <https://www.blockchain4innovation.it/mercati/legal/smart-contract/blockchain-smart-contracts-cosa-funzionano-quali-gli-ambiti-applicativi/>
3. Ford, C. (2015). *Understanding Q-Q Plots*. University of Virginia Library. <https://data.library.virginia.edu/understanding-q-q-plots/>
4. Garganese, C. (2022). *Erling Haaland transfer: How much commission is Raiola asking?*. FootballTransfers <https://www.footballtransfers.com/en/transfer-news/2022/04/how-much-commission-is-raiola-asking-haaland-transfer>
5. Gough, C. (2022). *Average player salary in the sports industry by league 2019/20*. Statista <https://www.statista.com/statistics/675120/average-sports-salaries-by-league/>
6. Gough, C. (2022). *National Basketball Association. Statistic & Facts*. Statista [statista.com/topics/967/national-basketball-association/](https://www.statista.com/topics/967/national-basketball-association/)
7. Lang, H. (2016). *Elements of Regression Analysis*. KTH Mathematics. [https://www.math.kth.se/matstat/gru/sf2930/regression\\_analysis\\_2016.pdf](https://www.math.kth.se/matstat/gru/sf2930/regression_analysis_2016.pdf)
8. Li, N. (2014). *The Determinants of the Salary in NBA and the Overpayment in the Year of Signing a New Contract*. TigerPrints. [https://tigerprints.clemson.edu/all\\_theses/2037/](https://tigerprints.clemson.edu/all_theses/2037/)
9. Lintner, J. (1965). *The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets* (pp. 13 – 37). The Review of Economics and Statistics. <https://thesportjournal.org/article/determinants-of-NBA-player-salaries/>
10. Loeffelholz, B., Bednar, E., & Bauer, K. W. (2009). *Predicting NBA games using neural networks*. Journal of Quantitative Analysis in Sports, 5 (1), 1-15. [https://hughchristensen.com/papers/academic\\_papers/loeffelholz2009.pdf](https://hughchristensen.com/papers/academic_papers/loeffelholz2009.pdf)
11. Lyons, R., Jackson, N. & Livistong, A. (2015). *Determinants of NBA Player Salaries*. The Sport Journal <https://thesportjournal.org/article/determinants-of-nba-player-salaries/>
12. McDonnell, D. (2021). *Kevin De Bruyne uses data analysts to broker £83m Man City contract without agent*. Mirror. <https://www.mirror.co.uk/sport/football/news/kevin-de-bruyne-uses-data-23870686>
13. Montgomery, D.C., Peck, E.A., & Vining, G.G. (2012). *Introduction to Linear Regression Analysis*. Wiley. <https://ocd.lcwu.edu.pk/cfiles/Statistics/Stat503/IntroductiontoLinearRegressionAnalysisbyDouglasC.MontgomeryElizabethA.PeckG.GeoffreyViningz-lib.org.pdf>
14. Papadaki, I., & Tsagris, M. (2020). *Estimating NBA players salary share according to their performance on court: A machine learning approach*. University of Crete Press, 13-17. <https://download.arxiv.org/pdf/2007.14694v3.pdf>
15. Singler, K., & Compton, W. (2018). *Players' Pay and Performance: What Counts?*. The Sport Journal. <https://thesportjournal.org/article/nba-players-pay-and-performance-what-counts/>
16. Sky Sport. (2022). *NBA, i 25 agenti più potenti della lega*. Sky Sport. <https://sport.sky.it/NBA/2022/08/02/NBA-agenti-procuratori-classifica#06>

17. Zuccolotto, P., Manisera, M., & Sandri, M. (2018). *Big data analytics for modeling scoring probability in basketball: The effect of shooting under high-pressure conditions*. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 13 (4), 569–589.  
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1747954117737492>

## Riassunto

Il mercato salariale sportivo, a livelli diversi e tra diversi sport, presenta ancora oggi evidenti inefficienze legate ai costi di transazione imposti dai procuratori sportivi. Lo sport più seguito al mondo, il calcio, costituisce forse l'esempio lampante di tale fenomeno, in cui i trasferimenti milionari tra club, sono stati e sono spesso pilotati dagli agenti di procura. Non disponendo del giusto set informativo, le parti (club e giocatori) coinvolte nella trattativa partecipano di fatto come soggetti passivi, e gran parte del processo di "decision making" viene definito da un'entità terza, l'agente. Se il mercato calcistico era gran parte gestito, fino a poco tempo fa, dal duo Raiola-Mendes; anche il mercato della lega di basket più importante al mondo, ovvero la NBA (National Basketball Association) è tutt'ora influenzata dalla coppia Paul-Schwartz, la quale amministra circa il 30% dei contratti NBA. Se guardiamo i numeri, nonostante vi siano meno giocatori in circolo, gli atleti NBA rappresentano quelli che in media percepiscono il migliore salario in tutto il panorama sportivo, ovvero più rischio di subire l'asimmetria informativa ad un costo elevato. Nonostante i capitoli di storia dipingono un quadro negativo, si intravedono oggi alcuni passi in avanti. Su tutti, l'estensione contrattuale di De Bruyne con il Man City, ha rappresentato il punto di svolta nella valutazione di un'atleta e quindi implicitamente nella definizione dei contratti. Lo stipendio del giocatore belga è stato difatti definito attraverso una valutazione analitica, e poichè tale dato è risultato attendibile è stato accettato e sottoscritto dalla controparte. Questo ha permesso in altri ambiti sportivi, come analizzato dalla letteratura in questo elaborato, di analizzare il fenomeno sportivo e più in particolare le prestazioni per ottenere una rappresentazione fedele del giocatore sotto l'aspetto valutativo. Nella comunità scientifica sportiva, ed in particolare quella cestistica si sono ricercate le variabili più significative per il salario, proponendo modelli in grado di descrivere sempre più accuratamente i giocatori. Le analisi proposte hanno certamente rappresentato un punto di partenza nel nuovo cambio di paradigma, nonostante ciò, sino all'analisi svolta in questo studio, non si era non solo trovato un modello con un elevato grado di correlazione tra le variabili, ma anche un algoritmo in grado di rispettare le regole definite dal CBA (*Collective Bargaining Agreement*), ovvero il contratto collettivo che viene sottoscritto da lega NBA, franchigie e NBPA (*National Basketball Players Association*). Per far ciò, lo studio ha condotto un'ampia revisione della letteratura al fine di trovare il giusto mix di variabili in grado di descrivere la prestazione sportiva con interezza. L'analisi ha difatti esplorato le ragioni che spingono i club alle decisioni d'acquisto, riscontrando nella variabile numerica  $W_{GP}$  (percentuale di vittorie su partite giocate) quella più significativa. Se dovesse essere pesato sulla bilancia, di fatti lo stipendio di un giocatore potrebbe solamente essere contro pesato dalle vittorie a cui lo stesso contribuisce attivamente. Oltre a ciò, la letteratura ha evidenziato come fino a quel momento la definizione dei modelli predittivi e regolatori dei salari, non avesse tenuto conto dell'applicabilità al sistema salariale per poter di fatto essere lo strumento regolatore del mercato. L'attuale sistema salariale NBA trova di fatto fondamento sul criterio dell'anzianità di servizio, motivo per cui all'aumentare degli anni trascorsi interno alla Lega, aumenta proporzionalmente il salario minimo riconosciuto all'atleta. Dopo un'attenta analisi, si è pertanto scoperto

come un modello statistico congruente con le regole del CBA dovesse presentare all'interno delle sue osservazioni i dati relativi alle variabili "limite" esperienza (*EXP*) ed età (*AGE*). Il rapporto tra queste due variabili permette al modello salariale di compensare agli aumenti minimi dovuti all'aumento dell'anzianità di servizio da parte dei giocatori (nella prima parte di carriera), le basse prestazioni dovute all'aumentare dell'età e degli infortuni (ultima parte della carriera). Dopo un processo di "*cherry picking*", il modello di partenza ha scelto 14 variabili sulle 45 inizialmente campionate, e la rilevanza della variabile *W\_GP* è stata mantenuta effettuando un *trimming* delle osservazioni che non hanno rispettato determinati standard quantitativi in termini di minuti sul campo.

L'analisi di regressione condotta in R, avente come variabile indipendente i salari definiti per la stagione 2021/22 e covariate le misure di performance della stagione 2020/21, ha visto l'applicazione di una metodologia basata una regressione lineare multivariata. Nello specifico, per validare il modello è stata condotta un'analisi dell'eteroschedasticità, indagata tracciando i residui rispetto ai valori adattati dello stipendio. In fase iniziale, come si è evinto dal plot e successivamente dal "*Breusch-Pagan*" test, la non linearità ha evidenziato l'esistenza di un problema di eteroschedasticità, la quale è stata poi risolta attraverso una trasformazione logaritmica della variabile indipendente "*SALARY*". Per ridurre il modello log-trasformato, è stata eseguito il test "*Akaike Information Criterion*" (*AIC*) portando alla scelta finale di 10 variabili, la cui relazione con la variabile indipendente è stata testata per multicollinearità attraverso un "*VIF*" test. Testate l'omoschedasticità, l'eteroschedasticità e la multicollinearità, l'ultimo passo al fine della validazione del modello è stato il "*Durbin-Watson*" test, performato per confermarne la sua casualità. Guardando ai valori statistici, il modello finale ha presentato un elevato valore di  $R^2 = 0.7244$ , indice che le variabili indipendenti riescono a spiegare accuratamente la variabile dipendente (*SALARY*), ma ciò che è stato ancor più importante, è stato il significato semantico tra le variabili comprese nel modello, grazie al quale si è riuscito a descrivere gran parte della prestazione sportiva. Le variabili sono così state analizzate e descritte sia singolarmente che nel loro impatto sul resto delle covariate, decretando come più significative: (i) esperienza (*EXP*) (ii) *D-LEAGUE*, ovvero inteso come se il giocatore ha giocato o meno nella lega secondaria alla NBA, (iii) punti per partita (*PTS*), ed (iv) assist (*AST*). La discussione dei risultati ne ha presentato i casi principali dividendoli per classe di esperienza: (1) "*Freshers*" (James Wiseman, Zion Williamson, Luka Doncic, Trae Young), (2) "*Experts*" (Ben Simmons, Kripstas Porzingis, Nikola Jokic) e (3) "*Veterans*" (Gianni Antetoukompo, John Wall, Stephen Curry, LeBron James), evidenziando come parecchi compensi garantiti agli atleti, indifferentemente dai ruoli e dagli anni di esperienza, sono al di sopra o al di sotto del reale valore ottenuto dall'analisi sulle performance, indice di un'inefficienza del mercato salariale.

Se da un lato il modello analitico può garantire verificabilità nella valutazione, per poter liberare le trattative e permettere una contrattazione su pari livello tra franchigie e giocatori, l'algoritmo dovrebbe essere agganciato ad un'infrastruttura in grado di ripensare i ruoli degli attori coinvolti ed alcuni pilastri

regolamentativi del sistema. In tal senso, l'elaborato ha esplorato gli strumenti e le tecnologie in grado di garantire un mercato verificabile e con un potere decentralizzato. Dopo un'attenta analisi della letteratura, volta ad indagare la giusta applicabilità con una lega privata come quella NBA, la tecnologia scelta è stata la blockchain. La presente tecnologia, detiene al giorno d'oggi il ruolo di custode nell'emergente economia della fiducia, poiché permette di registrare transazioni in modo sicuro, trasparente, altamente verificabile ed efficiente. Se la blockchain più famosa, ovvero Bitcoin, presenta generalmente una forma pubblica, per l'NBA, uno dei pilastri fondanti sarà proprio la natura privata. Il “*proof of concept*” presentato in questo elaborato garantisce di fatto accesso ad un numero limitato ed autenticato di individui, basandosi su: (i) un metodo di codifica privato e (ii) un algoritmo di consenso. Il primo avviene attraverso la creazione di un modello di crittografia privata, in cui le unità (nodi) della rete, possiedono una chiave segreta; il secondo, invece, una volta implementato, permette di identificare chiaramente le macchine, per cui si può scegliere un insieme di macchine che firmeranno le transazioni presentate, garantendo il giusto equilibrio tra gli attori partecipanti (Lega, franchigie, giocatori). Infine, cosa più importante per lo scopo di questo elaborato, la blockchain abilita la creazione di contratti intelligenti (*Smart Contract*). Se difatti, esistesse un modello statistico predittivo, come quello proposto in questo elaborato, in grado di definire valori attendibili dei salari basando la valutazione sulle performance sportive dell'atleta, verrebbe meno il bisogno di coinvolgere terze parti nella stipulazione dei contratti, e quindi di eliminare gli intermediari. Grazie all'adozione degli “*Smart Contracts*”, si potranno così ridurre i costi di transazione causati dall'asimmetria informativa e casi di inadempimento della prestazione tra le parti, semplicemente facendo venir meno l'intermediario fra i due attori. L'agente/procuratore ricoprirà, così, un ruolo puramente regolatore, costituendo una figura di controllo senza un potere decisorio durante la trattativa. In tal senso, lo studio evidenzia l'importanza della definizione di un giusto incentivo, al fine di mantenere alta la fiducia degli agenti ed evitare comportamenti opportunistici.

Oltre a delineare gli aspetti principali della tecnologia, per ottenere una completa adozione, l'ultima sezione di questo elaborato propone una riddiscussione di alcuni aspetti regolamentati dal CBA, di modo che l'architettura salariale vigente possa applicarsi per intero alla tecnologia. Nello specifico, gli aspetti chiave sui quali si richiama l'attenzione vertono su: (1) Tipologie di Contratto, (2) Compensazione, (3) *Free Agency*, e (4) *Trades*. In termini di contratti, i principali argomenti che sarà importante revisionare saranno: (i) Rinegoziazioni, con cadenza annuale e soglie percentuali diminuzione o aumento di salario, (ii) Opzioni e (iii) “*Rookie Scale Contract*”. In merito alla compensazione, la nuova architettura potrà applicare le regole già in essere all'interno del CBA sottoscritto sino alla stagione 2023/24. La peculiarità del modello proposto risiede proprio nell'elevata significatività dell'esperienza (*EXP*), in grado di includere nella valutazione gli scaglioni per minimi salariali. Quanto alla regolamentazione della “*Free Agency*”, le squadre NBA potranno servirsi del modello predittivo in fase di sottoscrizione del contratto. Tale strumento, permetterà di stimare in termini percentuali il delta ( $\pm$ ) relativo alla variazione dello stipendio previsto dal contratto, identificando all'interno della piattaforma la natura contrattuale del giocatore (*Rookie Free Agent - Veteran Free Agent - Unrestricted Free Agent - Restricted Free Agent*) regolata dal CBA, così come le offerte adottabili (*Qualifying Offers ed*

*Offer Sheets*). Infine, per le “*Trades*” dovranno non solo essere modificati gli attuali calendari imposti dal CBA, ma anche la finalizzazione degli scambi tra le parti. Le “*Trades*”, così proprio come la stipulazione dei nuovi contratti, avverranno attraverso la creazione di “*Smart Contract*”, i quali permetteranno di eliminare dalla transazione gli intermediari (ed i costi a loro addebitati). Nonostante il cambio di paradigma sembra essere lontano, questo elaborato ha cercato di fornire i giusti strumenti per poter garantire piena trasparenza e verificabilità all’interno del mercato salariale NBA che, come menzionato più volte, è tutt’oggi afflitto dalla speculazione degli agenti sportivi. Un approccio “*disruptive*”, come quello proposto, incontrerà certamente particolare ostruzionismo dai procuratori in una fase iniziale, ma la loro giusta riqualificazione (intesa come sistema di incentivi), rappresenterà la rete su cui alla base si fonderà l’NBA blockchain. La tecnologia ad hoc delineata, qualora coadiuvata da un modello salariale predittivo riuscirà ad ottenere delle valutazioni trasparenti (basate sulle performance) ed eliminare l’asimmetria informativa ad oggi concessa dalla mancanza di dati verificabili. La lega NBA, potrà allora proporre un’innovazione basata sull’evidenza empirica, e potrà far leva sull’attendibilità dei dati per ottenere consensi al fine dell’implementazione. Questo, è d’altronde ciò che sintetizza il pensiero di Bill James, il quale ha suo tempo ha avviato questo lungo processo di cambiamento:

*"La scienza è come una tabula rasa, ed è questo che la rende efficace. Puoi anche essere un laureato in fisica e pensare che Einstein avesse torto, ma se porti una tesi supportata da fatti concreti, la gente ti ascolterà".*

(James, 1985)



