

Univerzitet u Sarajevu  
Elektrotehnički fakultet  
Računarstvo i informatika

# Usporedba “5-5-2” Algoritma i GA

-Seminarski rad iz predmeta Optimizacija resursa-

Dado Bajramović (869/15750)  
Dajan Bračković (942/16143)

## Sadržaj

Uvod	2
Osnove košarke	3
Rane godine	4
Zlatne godine Bostona	5
Konkurencija i ponovno spajanje	6
Legendarno rivalstvo	7
Neki novi klinci	9
Salary cap	10
Pravila za maksimalan ugovor jednom igraču	10
Dezignirani igrač	10
"Derrick Rose" pravilo	11
Veteranski minimum	11
Model Tima	15
Heuristički algoritam "5-5-2"	17
Podjela uloga	17
MVP	17
Starter - PG	23
Starter - PF	24
Starter - SG	26
Starter - C	28
Klupa	30
Metaheuristički algoritam - Genetički algoritam	34
Opis	34
Karakteristike GA za problem NBA tima	34
Rezultati GA	35
Zaključak	37

## Uvod

U ovom radu je prikazan heuristički alogritam "5-5-2" i metaheuristički genetički algoritam. Aplikacija koja je korištena za računanje se nalazi na lokaciji:

<https://github.com/dbajramovic/statstron>

Nakon predstavljanja problema, prikazan je rad "5-5-2" algoritma, te nakon toga specifikacije već poznatog genetičkog algoritma. Nakon toga su rezultati usoređeni i izvršena analiza kao i zaključak.

## Osnove košarke

Da bi mogli govoriti o statističkim podacima i njihovom analizom, potrebno je definirati neke osnovne pojmove o košarci.

Košarku igraju dvije (2) ekipe, svaka sa po pet (5) igrača u terenu. Cilj svake ekipe je da postigne pogodak u protivnički koš i spriječi drugu ekipu da postigne pogodak. Pobjednik je ekipa koja je postigla veći broj poena na kraju vremena za igru. Ukoliko je šut upućen iza linije koja označava 6,75 metara (7,25 metara u NBA) on vrijedi tri(3) poena. U suprotnom, on vrijedi dva(2) poena. Ukoliko igrač učini kontakt koji krši pravilo vertikalnosti i/ili cilindra, on dobija ličnu grešku. Prekomjeren kontakt iste vrste znači nesportsku grešku, dok neprimjereno ponašanje povlači tehničku grešku. Ukoliko na kraju regularnog toka rezultat neriješen, igraju se dodatni periodi dok jedna momčad ne pobijedi.



Sa statističkog stanovišta, postoje sljedeći osnovni pojmovi:

- ❖ **Poeni** - broj poena igrač/ekipa postigao/la
- ❖ **Procenat šuta** - omjer pogođenih i promašenih šuteva različite vrste
- ❖ **Skokovi** - broj uhvaćenih živih lopti nakon promašaja ili blokade
- ❖ **Ukradene lopte** - broj lopti oduzetih pravilno od protivnika
- ❖ **Greške** - broj ličnih/nesportskih/tehnički greški
- ❖ **Izgubljene lopte** - broj lopti koje je igrač predao protivniku bez šuta na koš
- ❖ **Blokade** - broj pravilnih blokada šuta protivnika

## Historija lige

### Rane godine

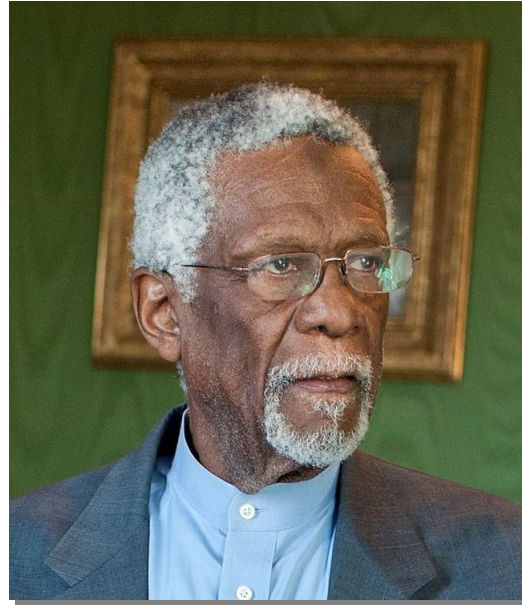
NBA (National Basketball Association) je osnovana 6. juna 1944. godine pod imenom BAA (Basketball Association of America) od strane vlasnika arena za hokej u sjeveroistoku SAD-a kao i Kanadi. Prvog novembra 1946. se odigrala utakmica između New York Knickerbockersa i Toronto Huskiesa u Torontu, što se smatra prvom utakmicom profesionalne košarke na tlu Amerike. Prvi koš je ubacio Ossie Schechtman (1919. -2013.) i to za momčad New York-a. Iako je tada postojala konkurnatna liga pod nazivom NBL (National Basketball League), ispostavila se jačom od nje, i tako je 1948.-1949. sezona postala prva pod nazivom NBA, sa spajanjem ostalih franšiza u jednu zajedničku ligu. U sljedećih par godina liga je u fluksu, i dostiže svoj najmanji broj franšiza u istoriji od osam, koje su sve i danas dio lige. Cilj je bio da se izvrši relokacija svih timova u veće gradove, i to je polovinom predesetih godina i uspjelo. U tom periodu se stvorila prva dinastija sa George Mikan-om na poziciji centra, uz čiju pomoć su Minneapolis Lakers-i osvojili pet titula. Njegova dominacija, kao i nizak broj poena je doveo do uvođenja sata za 24 sekunde, koji označava koliko napad smije da traje prije nego se mora lopta uputiti ka košu. U tom periodu se po prvi put pojavljuju igrači koji imaju drugu boju kože, i to Wataru Misaka (1923.-) kao prvi igrač azijskog porijekla, te Harold Hunter (1926.-2013.) kao prvi afroamerikanac u dresu Rochester Royalsa.

Godina	Prvak
1947.	Philadelphia Warriors
1948.	Baltimore Bullets
1949.	Minneapolis Lakers
1950.	Minneapolis Lakers
1951.	Rochester Royals
1952.	Minneapolis Lakers
1953.	Minneapolis Lakers
1954.	Minneapolis Lakers
1955.	Syracuse Nationals
1956.	Philadelphia Warriors

Tabela 1

## Zlatne godine Bostona

Jedna od najvažnijih razmjena igrača u istoriji lige desio se na noć drafta 1957. godine, kada legendarni trener Red Auerbach dovodi centra Bill Russela u svoju momčad. Russel postaje najdominantiji centar u istoriji sporta, koji revolucionira stil odbrane sa svojim efikasnim upotrebama blokade kao načina pokretanja kontra napada. Zajedno sa njim i prvom istinskom zvijezdom sporta, Bob Cousy-em, on osvaja 11 titula šampiona NBA, od čega jednu kao igrač-trener, pobijedivši favorizirane LA Lakerse koji su u svojim redovima imali igrače poput Elgin Bajora, Wilt Chamberlina i Jerry Westa. Za svoja dostignuća Bill Russela je dobio priznanje da se trofej najboljeg igrača u finalima NBA zove po njemu. Njegovi dueli sa Wiltom Chamberlinom, koji je jedini igrač koji je postigao 100 poena u utakmici NBA, 1962. godine protiv New York Knicksa (rezultat na kraju je glasilo 169-147 u korist Philadelphia 76ersa). Iako njegova trenerska karijera nije bila najuspješnija, i danas je on osoba koja predaje trofej MVP (Most Valuable Player) finala svake godine.



Godina	Prvak
1957.	Boston Celtics
1958.	St. Louis Hawks
1959.	Boston Celtics
1960.	Boston Celtics
1961.	Boston Celtics
1962.	Boston Celtics
1963.	Boston Celtics
1964.	Boston Celtics
1965.	Boston Celtics
1966.	Boston Celtics
1967.	Philadelphia 76rs
1968.	Boston Celtics
1969.	Boston Celtics

## Konkurencija i ponovno spajanje

Sa početkom sezone 1967.- 68. NBA se suočava sa vanjskom prijetnjom u obliku nove profesionalne lige pod imenom ABA (American Basketball Association) koja te sezone počinje sa radom. Ova liga revolucionalnim idejama i atraktivnim igračima poput Julius "Dr. J" Ervinga, koji su mogli da se potpišu i prije završetka koledža, ili barem završetka njihove generacije, kao i linije za 3 poena, otima velike zvijezde ligi. U cilju da se pokriju svi veliki gradovi, liga naglo raste do brojke od 17 franšiza. Ovaj duel je doveo do gubitka novca za obe lige, te sa 1976.-77. Sezonom dolazi



do spajanja, gdje se broj franšiza povećava na 22. To nije previše pomoglo popularnosti lige, jer mala posjećenost, individualni stil igre kao i česte afere sa korištenjem droga su dovele ligu na rub ambisa, bez obzira na kvalitet igrača poput već spomenutog Julius Ervinga, kao i Kareem Abdul-Jabbara, Rick Barrya, Drew Cowensa, Elvin Hayesa, Wilt Frasiera i drugih.

Godina	Prvak
1970.	New York Knicks
1971.	Milwaukee Bucks
1972.	Los Angeles Lakers
1973.	New York Knicks
1974.	Boston Celtics
1975.	Golden State Warriors
1976.	Boston Celtics
1977.	Portland Trail Blazers
1978.	Washington Bullets



## Legendarno rivalstvo

Spas liga je našla u vidu dva legendarna igrača, Larry "Legend" Birda i Earvin "Magic" Johnsona. Njihovo rivalstvo je jedno od najpoznatijih u sportu generalno, i njihove borbe za titulu prvaka sa svojim Boston Celticsima i LA Lakersima respektivno se i danas prepričavaju i gledaju u reprizama. Oba igrača su bila izvanredni dodavači, sa stilom koji do tada nije postojao, i njihova nesebičnost i požrtvovan pristupu košarci će vratiti posrnjelu ligu iz pepela. Iako je Magic na kraju bio uspješniji sa 5 titula naspram Larrijevih 3, jedan se ne može spomenuti bez drugog. U jeku njihove dominacije, sa ponekim pojavama sada već starijeg Dr. J-a, 1984. na draftu se pojavljuje igrač koji će definisati pojam globalne zvijezde i najboljeg košarkaša svih vremena, pod imenom Micheal Jordan. Na kraju 80tih, Jordan nije mogao da preskoči tvrdokorne Detroit Pistone vođene Isiah Thomasom, koji su imali nadimak "Bad Boys" sa razlogom. Tek dolaskom Phila Jacksona i stasanje Scottie Pippena u vrhunskog igrača Micheal dostiže visine koje njegov talenat je omogućavao.



Godina	Prvak
1979.	Seattle SuperSonics
1980.	Los Angeles Lakers
1981.	Boston Celtics
1982.	Los Angeles Lakers
1983.	Philadelphia 76ers
1984.	Boston Celtics
1985.	Los Angeles Lakers
1986.	Boston Celtics
1987.	Los Angeles Lakers
1988.	Los Angeles Lakers
1989.	Detroit Pistons
1990.	Detroit Pistons



## Let kroz devedesete

Nakon što osvaja svoje prvo prvenstvo, Michael Jordan ponavlja taj uspjeh još dva puta zaredom, te ostvaruje svoju prvu trostruku krunu. Međutim, nekoliko dana kasnije, tragedija pogađa njegovu porodicu i njegov otac je pronađen ubijen, vjerovatno žrtva krađe automobila. Srhvan ovom činjenicom, Michael se povlači iz košarke i okreće baseballu, omiljenom sportu njegovog oca. Tokom njegovog osustva od dvije godine, Houston Rockets, vođeni neponovljivim Hakeem "The Dream" Olajuwonom dva puta osvajaju titula prvaka NBA, pobijedivši između ostalih i Phoenix Suns Charlesa Barkleya. Nakon štrajka MLB-a, Jordan se vraća u Chicago Bullse i osvaja ponovo tri titule, te opet ide u mirovinu. "Air" će još jednom



obući patike za sezonu i po, ali u dresu Washington Wizardsa. Iz tog vakuuma izrasta nova dinastija Los Angeles Lakersa, koji sa ubojit duom Kobe Bryanta i Shaquille O'Neala uspijevaju da ostvare svoju trostruku krunu na početku milenija. Taj supertim je zaustavljen u svojoj dominaciji zbog konstantih nesuglasica glavna dva igrača, kao i odlične odbrane Detroit Pistonsa. Bitno je napomenuti da je također San Antoino osvojio svoju prvu titulu, postavši tako prva ABA originalna franšizada uspije to. Njihov uspjeh će se gomilati u kasnijim sezonama, vođeni Tim Duncanom i trenerom Greg Popovichem.

Godina	Prvak
1991.	Chicago Bulls
1992.	Chicago Bulls
1993.	Chicago Bulls
1994.	Houston Rockets
1995.	Houston Rockets
1996.	Chicago Bulls
1997.	Chicago Bulls
1998.	Chicago Bulls
1999.	San Antonio Spurs
2000.	Los Angeles Lakers
2001.	Los Angeles Lakers
2002.	Los Angeles Lakers

## Neki novi klinci

Kraj ere Chicaga je doveo do ponovne raspodjele moći, gdje su San Antonio i Lakersi najviše profitirali, a na istoku prvenstveno Miami, te i Celticsi jedan period. Pojava Allen Iversona je dovela do promjena imidža lige i grači su postali brend koliko i atlete. Sve više igrača izvana su pratile stopama Dražena Petrovića i Vlade Divca, poput Dirka Nowitzkog, Manu Ginobilija i Tonya Parkera. Iako Kobe Bryant



je doživio najviše uspjeha u ovom periodu, LeBron James, koji nakon osvojene dvije titule u Miamiu se vraća kući u Cleaveland, i sve bolji Kevin Durant iz Oklahome prijete da postanu lice ove epohe. Ipak, od svih igrača, Tim Duncan se čini najvećim po konstantosti i uspijehu. Da li će tako ostati, treba još da se vidi.

Godina	Prvak
2003.	San Antonio Spurs
2004.	Detroit Pistons
2005.	San Antonio Spurs
2006.	Miami Heat
2007.	San Antonio Spurs
2008.	Boston Celtics
2009.	Los Angeles Lakers
2010.	Los Angeles Lakers
2011.	Dallas Mavericks
2012.	Miami Heat
2013.	Miami Heat
2014.	San Antonio Spurs

## Opis problema

U NBA ligi su nastupila 442 igrača koji su aktivni u sezoni 2013.-2014. za makar jednu od 30 franšiza koje su trenutačno aktivne unutar lige. Od tih 442 igrača naš cilj je da stovrimo momčad od 12 igrača čije plate su ostvarive unutar granica CBA (Collective Bargaining Agreement) iz 2012. godine tj. unutar granica limita za plaće igračima koji je na snazi u NBA-u. Također je cilj da se igrači ne posmatraju prema svojoj rasi, što predstavlja veliki problem prilikom skautiranja igrača, gdje 96% crnih igrača se samo uspoređuje sa crnim igračima unutar lige, a 60% bijeli igrači.

## Salary cap

Za razliku od evropskih sportova, američki imaju tzv. gornju granicu tj. Salary Cap. To predstavlja ukupnu količinu novca koju timovi smiju da plate svoje igrače, stvarajući tako izjednačeniju ligu bez previše supermomčadi koje dovode do zasićenja talenta na jednome mjestu. Ona se računa u odnosu na dobiti od TV prava koje timovi dobijaju od strane same lige. Granica za 2013. - 2014. sezonu iznosi 58,679,000 američki dolara, uz par bitnih iznimki koje omogućavaju određene ustupke za klubove. Ta dodatna pravila uključuju:

## Pravila za maksimalan ugovor jednom igraču

Maksimalna količina novca za jednog igrača zavisi od koliko godina je proveo u ligi. Ako je proveo manje od 6 može da dobije 9,000,000 \$ ili 25% ukupnog limita (14,669,750 \$); ako ima između 7 i 9 godina iskustva, onda je moguće da dobije 11,000,000 \$ ili 30% limita (17,603,700 \$); ako ima više od 9 godina onda je ta cifra jednaka 14,000,000 \$ ili 35% limita (20,537,600 \$). Jedna iznimka ovome je da igrač može da potpiše 105% vrijednost svog prijašnjeg ugovora ako potpiše sa istim timom.

## Dezignirani igrač

Svaki tim ima pravo jednog novajliju izabrati i postaviti kao dezigniranog igrača, što omogućava mu da dobije veći ugovor od standardnog novajlije ( taj bonus iznosi jednu godinu više, odnosno 5 umjesto 4) Ekipa može imati jednog takvog igrača sa kim je potpisala takav ugovor, a 2 ukupno, ako putem razmjene uspije da dovede još jednog takvog igrača.

## “Derrick Rose” pravilo

Iako se unutar samog ugovora naziva “Kriterij od pet godina i 30%”, ova iznimka se popularno naziva “Derrick Rose” pravilo jer je bek Chicago Bulls-a do sada jedini igrač u istoriji lige od kako postoji CBA koji je ispunio kriterije za ovo povećanje od godinu dana i 5 % u odnosu na ostale novajlije, jer je on postao MVP lige, što predstavlja jedan od mogućih scenarija pod kojim igrači mogu da dostignu ovaj status. Jedni igrač u ligi koji je u mogućnosti da dostigne ovaj status jeste Paul George iz Indiana Pacersa.

## Veteranski minimum

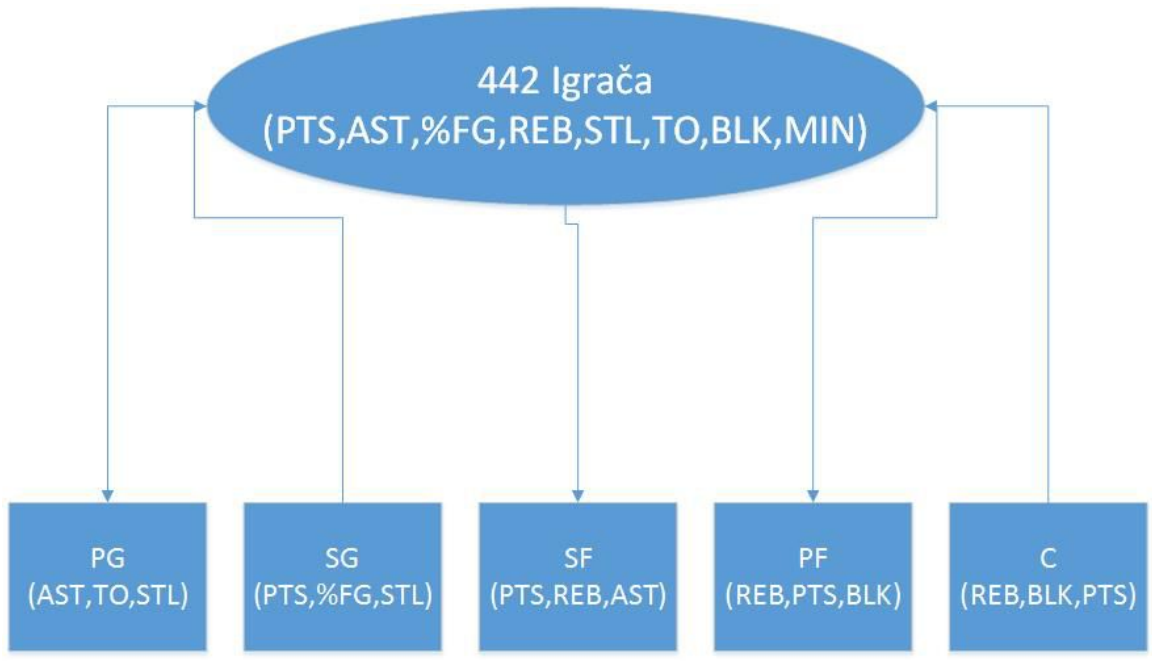
U okviru CBA (Collective Bargaining Agreement) je definisana minimalna plata igrača koju on mora da dobije za svoju uslugu koja zavisi od broja godina koje je proveo u ligi.

Godina u NBA	Ugovor
0	\$490,180
1	\$788,872
2	\$884,293
3	\$916,099
4	\$947,907
5	\$1,027,424
6	\$1,106,942
7	\$1,186,459
8	\$1,265,977
9	\$1,272,279
10+	\$1,399,507

## Model

Unutar modela se nalazi 442 igrača, koji su podjeljeni u 5 podklasa:

- **Plejmejker/Point Guard/PG** - Vođa ekipe i primarni prevodioc lopte kao i organizator igre. Najčešće niski igrači (u kontekstu košarke), iako postoje izuzeci (Magic Johnson, Penny Heardaway,...). Plejmaker bi trebao da bude dobar razigravač, siguran u kontroli lopte i dobar odbrambeni igrač na loptu. Shodno tome, podaci koji bi trebali da budu presudni su : **AST,PTS,TO(što manje) te STL**, tim respektivnim redosljedom.
- **Bek šuter/Shooting Guard/SG** - Izvor poena i uzrok rotacije odbrane. Viši od PG, ali i dalje mobilni sa izvrsnom sposobnošću završavanja akcija. Glavni atributi: **PTS, 2FG%,3FG% te STL**, tim redosljedom.
- **Krilo/Small Forward/SF** - Kombinacija visokog igrača i beka, te kao takav ima odgovornosti u postizanju poena i razigravanju. Glavni atributi: **PTS,REB,AST te BLK**, tim redosljedom
- **Krilni centar/Power Forward/PF** - Zadužen za atletksu kontrolu reketa kao i postizanje poena unutar reketa. Glavni atributi:
- **Centar/Center/C** - Visoki centar odbrane i zadužen za kontrolu reketa. Primarni atributi: **REB,BLK,PTS te FLS** tim redosljedom.



Analizom svih igrača količinski ta podjela na klase iznosi:

PG	SG	SF	PF	C
90	110	84	94	64
200		178		64

Svaki igrač ima 25 bazna statistička podatka, i to:

- **Starost (AGE)** - Koliko godina igrač ima. Određuje sezonu koju je igrač igrao.
- **Pozicija (POS)** - Određuje koji podaci imaju veću težinu u razmatranju, a koji ne.
- **Broj Utakmica (GP)** - Ukazuje na konstantnost igrača i njegovu historiju povreda. Maksimalna vrijednost je 82, jer toliko utakmica traje sezona.
- **Broj Utakmica kao Starter (GS)** - Ukazuje na nivo popularnosti, konstantnosti i kvalitete igrača ako je postavljen u početnoj postavci.
- **Broj Minuta (MIN)** - Prosjek minuta po utakmici ukazuje na izdržljivost igrača i koristi se kao koeficijent za ostale podatke.
- **Broj Pokušanih Šuteva (FGA)** - Koliko je igrač u prosjeku puta pokušao da postigne koš, bez obzira na udaljenost.
- **Broj Pogođenih Šuteva (FGM)** - Koliko je igrač u prosjeku puta pogodio koš, bez obzira na udaljenost.
- **Broj Pokušanih Šuteva za 1 poen (FTA)** - Koliko je igrač u prosjeku puta pokušao da postigne slobodno bacanje.
- **Broj Pogođenih Šuteva za 1 poen (FTM)** - Koliko je igrač u prosjeku puta pogodio slobodno bacanje.
- **Broj Pokušanih Šuteva za 2 poena (2FGA)** - Koliko je igrač u prosjeku puta pokušao da postigne šut za 2 poena/unutar linije za tri poena.
- **Broj Pogođenih Šuteva za 2 poena (2FGM)** - Koliko je igrač u prosjeku puta pogodio šut za dva poena/unutar linije za tri poena.
- **Broj Pokušanih Šuteva za 3 poena (3FGA)** - Koliko je igrač u prosjeku puta pokušao da postigne šut za 3 poena/unutar linije za tri poena.
- **Broj Pogođenih Šuteva za 3 poena (3FGM)** - Koliko je igrač u prosjeku puta pogodio šut za tri poena/unutar linije za tri poena.
- **Procenat šuta za 1 poen (FT%)** - Količnik FTM/FTA
- **Procenat šuta za 2 poena (2FG%)** - Količnik 2FGM/2FGA
- **Procenat šuta za 3 poena (3FG%)** - Količnik 3FGM/3FGA
- **Broj skokova u napadu (ORB)** - Količina skokova u fazi napada
- **Broj skokova u odbrani (DRB)** - Količina skokova u fazi odbrane
- **Broj ukradenih lopti (STL)** - Količina posjeda koje je igrač preuzeo od strane protivnika bez da je on uspio da uputi šut ka košu
- **Broj izgubljenih lopti (TO)** - Količina posjeda koje je igrač izgubio od strane protivnika bez da je uspio da uputi šut ka košu
- **Broj ličnih grešaka (PF)** - Količina ličnih grešaka počinjena od strane igrača
- **Broj poena (PS)** - Količina poena postignuta od strane igrača u jednoj sezoni

Osim standardnih baznih podataka, unutar modela će biti korišteni i napredni statistički podaci i to:

- **True Shot Percentage (TS%)** - Napredni procenat šuta koji uzima u obzir težinu šuta.

$$TS\% = \frac{PTS * 100}{(2 * (FGA + 0.44 * FTA))}$$

- **Economy (EC)** - Napredni podatak koji reflektuje efikasnost igrača koji većinom kontrolišu loptu.

$$EC = (AST + STL) - TO$$

- **Standard Efficiency (EFF)** - Standardni model koji omogućava pregled efikasnosti igrača u utakmici ili sezoni

$$EFF = (PTS + REB + AST + STL + BLK - (FGA - FGM) - (FTA - FTM) - TO) / GP$$

- **Player Index Rating (PIR)** je model korišten unutar Eurolige sličan standardnoj efikasnosti

$$PIR = (PTS + ORB + DRB + AST + STL + BLK) - (FGA - FGM) + (FTA - FTM) + TO + BLK + FLS$$

- **Pace** - Tempo igre. Broj posjeda ekipa ima u 48 minuta igre.



Koristeći date podatke, zajedno sa restrikcijom ukupnih vijednosti godišnjih ugovora igrača (salary cap), potrebno je pronaći 15 igrača koji su statistički najbolji. Iako je proces naizgled čisto heuristički, uz pomoć par bitnih pravila moguće je doći do kvalitetnih rezultata.

Set heuristički pravila koji će se koristiti za smanjenje mogućih kandidata je sljedeći:

**Vrijeme igranja** - iako je ovo statistički podatak, potrebno uzeti u obzir veličinu uzorka kojim raspolaže model. Zbog toga će u obzir biti uzeti igrači koji su odigrali makar 820 minuta tj. 10 min po utakmici, kako bi se izbjegao problem varljivih podataka, jer nedostak minutaže može dovesti da igrač nije imao dovoljno vremena da pogriješi, i samim tim postaje naizgled bolji od igrača koji su unutar sezone konstanto igrali na visokom nivou.

Zbog toga će naš fond igrača se smanjiti sa 442 igrača na 327 koji se smatraju kvalifikovani za odabir.

**Ozljede** - za razliku od simulacije, ozljede su neizbježne i mogu da utiču na odabir igrača. Igrači koji se ozljeđuju češće su potencijalni rizik za investiciju, te će prilikom mogućnosti odabira više igrača za isto mjesto oni koji se manje ozljede imati prednost.

**Model Tima** - Najveća restrikcija. Uključuje statističke podatke koji su objašnjeni u tekstu ispod.

## Model Tima

Naš tim će koristiti prvake od prošlih 5 godina kao model za pobjedu. Razlog toga jeste što košarka je evolutivni sport, i u današnjoj ligi sa pravilima koja sad postoje i stilom igre ovaj period je jedini potpuno prenosiv za cilj.

Ime karakteristike	Cilj
Broj igrača	15
Broj minuta	240
Broj posjeda	92.22
Salary Cap	58,679,000 \$

NBA liga ima historiju epoha u kojima određeni sistem dominira kako igra se mijenja, i pravila unutar lige. Naša idelna momčad u okvirima datih granica bi zato trebala da bude optimum kvaliteta ranijih prvaka. Tabela priložena ispod prikazuje kakvu momčad bi trebalo sastaviti:

Godina	Ekipa	OffRTG	DfRTG	Pace	1P%	2P%	3P%
09-10	LAL	108.8	103.7	92.8	76.5	49.2	34.1
10-11	DAL	109.8	105.0	91.3	77.7	51.6	36.5
11-12	MIA	106.6	100.2	91.2	77.5	49.6	35.9
12-13	MIA	112.2	103.7	90.7	75.4	53.6	39.6
13-14	SAS	110.5	102.4	95.0	78.5	51.7	39.4
Prosjek		109.5	103.0	92.2	77.1	51.1	37.1

Tempo (pace) je nemoguće postignuti samo odabirom igrača. Naravno, mlađi igrači su fizički predodređeni za bržu igru, ali pošto je tempo plod stila igre a ne statističkih podataka, ta stavka neće biti razmatrana. Procenti šuta, te kvaliteta napada i odbrane zavisi od kvalitete igrača,

## Heuristički algoritam “5-5-2”

### Podjela uloga

Uloge unutar 12 igrača jedne momčadi NBA se mogu podijeliti na mnoštvo načina, ali za ovaj model će se koristiti klasični princip “zakrpe” tj. Po 2 igrača za svaku poziciju + 2 “Role Player” - igrači koji su dobri u jednom ili dva statistička podatka.

### MVP

Svaka pobjednička momčad mora da posjeduje igrača odluke, onog koji će je dovesti do vrha, i takvih igrača je veoma malo. U današnjoj situaciji unutar NBA lige postoje samo 2 igrača koja bi mogla da budu tog kalibra (zbog činjenice da je Derrick Rose postao veoma osjetljiv na povrede) a ta dva igrača su Kevin Durant (Kevin Durant) iz Oklahoma Siti Tundera (Oklahoma City Thunder) i Lebron Džejms (Lebron James) iz Majami Hita (Miami Heat).

Oba igrača su deizignirani šuteri i postizači poena u svojim franšizama, ali evaluacija na samo tom pogledu bi bila neprecizna i previše heuristička.

Ime	PT	FG%	2FG	3FG	1FG	REB	STL	BLK	AST
Kevin Durant	2593	50,3	54,9	39,1	87,3	598	103	59	445
Lebron James	2089	56,7	65,1	37,9	75,0	533	121	26	488

Pregled sezonskog učinka za 2013.-2014. Regularnu sezonu

Ono što je iznenađujuće je kako Kevin Durant ima znatno više blokada, ali izuzev toga, igrači se čine veoma sličnim. Zbog toga je potrebno pogledati malo dublje u problem. Postavlja se jedno jednostavno pitanje:

*“Koliko koševa proizvede igrač samim svojim uticajem na terenu?”*

Nažalost, NBA ne prati koliko tačno poena je igrač stvorio ili svojim šutiranjem ili asistencijama, ali istraživanjem sam pronašao jednu legitimnu procjenu.

Tim	OKC	MIA
FGA	6782	6272
3FGA	1853	1829
% od ukupnog	27,32	29,16

Ako uzmemo da su i asistencije podijeljene po toj raspodijeli šuteva za dva i tri poena respektivno, onda procjena dva kandidata izgleda kao:

Ime	Kevin Durant	Lebron James
PTS	2593	2089

AST	445	488
PRF	$2593+360+650 = 3603$	$2089+423+693 = 3204$

To očigledno daje prednost Durantu u području napada, ali potrebno je još pogledati par bitnih parametara: udio u napadu, PER kao istinski procenat šuta. Udio u napadu predstavlja koliko posjeda igrač potroši ukupno od svih svoje momčadi (USG%), PER je već ranije u detalju opisan, kao i istinski procenat šuta(TS%):

Ime	Kevin Durant	Lebron James
USG%	33,0	31,0
PER	29,8	29,3
TS%	63,5	64,9

Iako su oba igrača na zavidnom nivou, u polju napada Kevin Durant je bolji. Naravno, potrebno je analizirati i igru u odbrani, iako to u njihovoj ulozi to nije od presudnog faktora.

Igru u odbrani će se analizirati u dva osnovna faktora, kakvi su oni kao individualni odbranbeni igrači, i kakvi kao timski odbranbeni igrači. Prvo pogledajmo bazne statističke podatke, i dodamo još SDR.

Blokade, iako spektrakularne, ne rezultiraju promjenom posjeda, tako da je potrebno dodati otežavajući faktor.

Tako da obični defansivni udio igrača (Simple Defensive Rating) možemo dobiti putem

$$\text{SDR} = \text{STL} + 0.7 * \text{BLK} + \text{DREB}$$

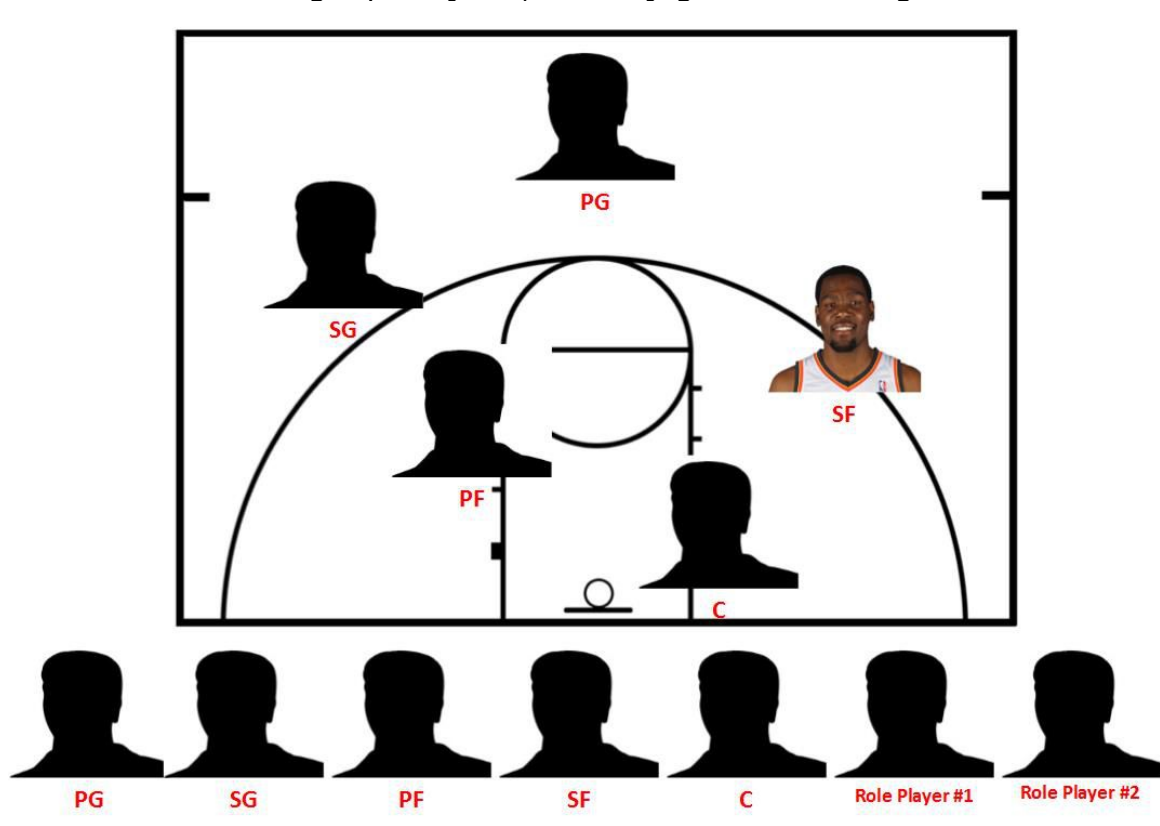
Ime	STL	BLK	DREB	SDR
Kevin Durant	103	59	540	684.3
Lebron James	121	26	452	591.2

Naravno, potrebno je još podataka da može se prosuditi, tako da je potrebno pogledati koliko oba igrača ometaju protivnika prilikom šuta.

Sada kada smo odlučili se za Kevina Duranta, potrebno je da se njegov ugovor doda na ukupne plate. Plata za sezonu 2013.-14. je bila \$18,995,624. Sada taj limit izgleda kao:

Ime i prezime	Ugovor
Kevin Durant	\$18,995,624
Ostatak novca	\$39,701,376

Pošto Kevin Durant igra poziciju SF, naša dijagram dubine izgleda kao:



Potrebno je još uračunati i broj minuta koje će Kevin Durant uzeti od ukupnog fonda minuta. Kevin Durant je za 2013.-2014. Sezonu koristio 33.0 posjeda po utakmici, te sada fond minuta izgleda kao:

Ime i prezime	Minute
Kevin Durant	38.5
Ostatak minuta	201.5

Kako je Kevin Durant za sada jedini igrač, nije potrebno provjeravati naš tim prema karakteristikama idealne momčadi.

## Starteri - PG

Svaka momčad treba kvalitetnog razigravača, što je uobičajno je to dužnost plejmejкера (PG). Nakon što smo utrošili maksimum za našeg MVP kandidata, potrebno je pronaći najisplativijeg igrača u ovoj poziciji. Zato pogledajmo igrače koji su dominirali u pogledu asistencija, poena, ukradenih lopti i malom broju izgubljenih.

Ime i prezime	Asistencije po utakmici (APG)	Uk. rang
Chris Paul	10.7	1
John Wall	8.8	2
Ty Lawson	8.8	3
Ricky Rubio	8.6	4
Stephen Curry	8.5	5

Ime i prezime	Poeni po utakmici (PPG)	Uk. rang
Stephen Curry	24.0	7
Kyrie Erving	20.8	14
Damian Lillard	20.7	16
Isiah Thomas	20.3	17
Goran Dragić	20.3	18

Ime i prezime	Ukradene po utakmici (SPG)	Uk. rang
Chris Paul	2.5	1
Ricky Rubio	2.3	2
Micheal C.-Williams	1.9	7
John Wall	1.8	8
Monta Ellis	1.7	11

Iako bi bilo moguće ispisati sve tabele za pojedinačne podatke, to bi preuzelo previše prostora u radu, pa su neke izostavljene, ali su naravno uzete u obzir. Nakon analize podataka, sljedeći igrači su ostali kao kandidati za mjesto startnog plejmejкера, poredani abecedno:

Ime	PPG	APG	ATR	PRF	Ugovor	P/\$
Chris Paul	19.1	10.7	4.65	2644	\$18,668,431	\$7060
Damian Lillard	20.7	5.6	2.36	2898	\$3,202,920	\$1105
Goran Dragić	20.3	5.9	2.09	2570	\$7,500,000	\$2918
John Wall	19.3	8.8	2.44	3198	\$7,459,925	\$2332
Stephen Curry	24.0	8.5	2.26	3384	\$9,887,642	\$2921

Iz priloženih podataka se jasno vidi da iako Chris Paul važi renomeom kao najbolji plejmejker, naš izbor bi trebao da bude između Damian Lillarda i Stephen Curryja, tako da će ostatak analize biti vršen samo nad ta dva igrača.

Pogledajmo koliko lopti potroše oba igrača za svoj učinak u toku utakmice.

Ime i prezime	Posjeda po utakmici
Stephen Curry	27.9
Damian Lillard	24.4

Ako pogledamo koliko koševa su obojica odgovorni, to znači da respektivno jedan njihov posjed daje:

	Broj posjeda	Broj poena	Poen po posjedu
Stephen Curry	2287,8	3384	1,48
Damian Lillard	2000,8	2898	1.44

Ovim vidimo da iako Curry troši više lopti, korisniji je u korištenju tih posjeda od Damian Lillarda, te da je bolji razigravač saigrača.

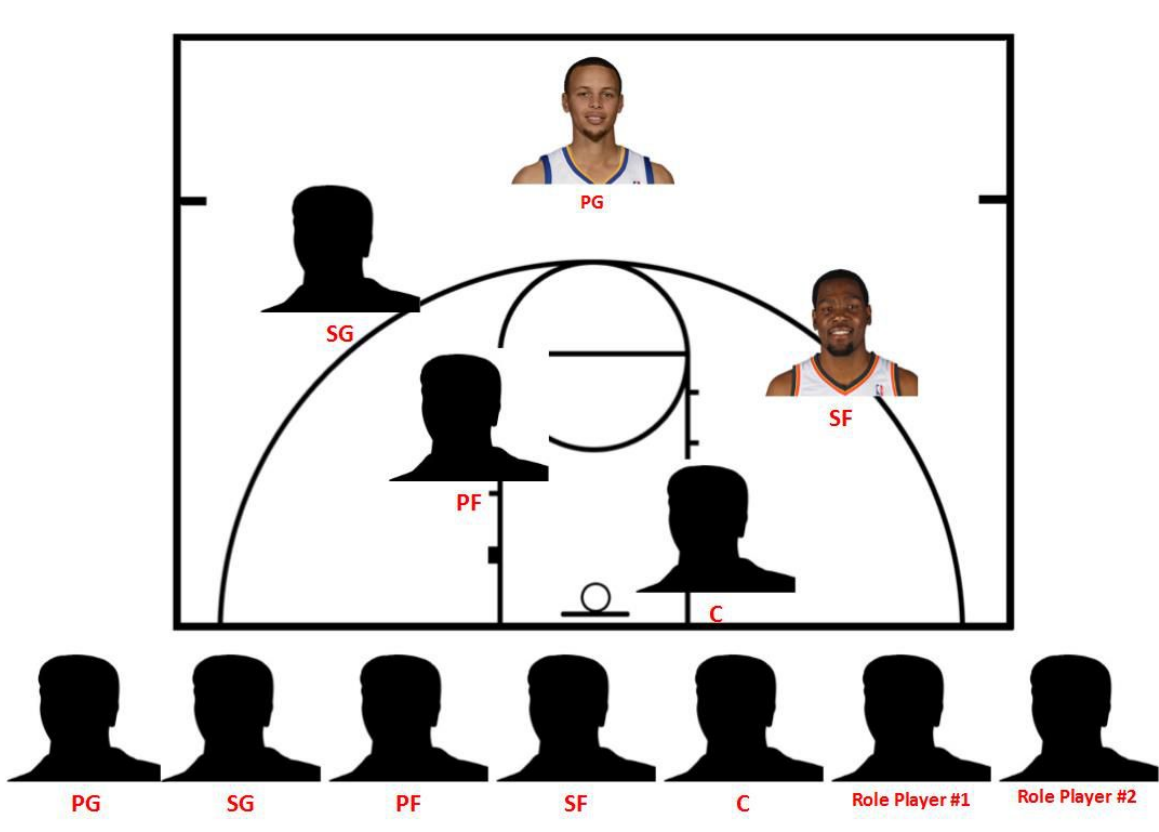
Naravno, potrebno je analizirati i igru ova dva igrača u odbrani prije nego se odlučimo za jednog od njih dvojice.

	Ukradene	Blokade	DRTG
Stephen Curry	128	14	104
Damian Lillard	64	22	110

Očigledno je da i ovom pogledu Stephen Curry bolja opcija, tako da je on naš odabir za poziciju plejmejкера.



Trenutačno sastav izgleda kao:



Potrebno je uračunati i potrošnju minuta kao i finansijski trošak.

Ime i prezime	Ugovor
Kevin Durant	\$18,995,624
Stephen Curry	\$9,887,624
Ostatak novca	\$29,813,734

Minute su uračunate kao:

Ime i prezime	Minute
Kevin Durant	38.5
Stephen Curry	36.5
Ostatak minuta	165.0

Sada kad postoje dva igrača, moguće je provjeriti odstupanje od ciljanih vrijednosti za idealnu momčad.

	OffRTG		1P%	2P%	3P%
Naš tim	120		87.6	52.9	40.9
Idealni tim	109.5		77.1	51.1	37.1

Naravno, sve vrijednosti u tabli su isključivo donja granica, tako da u slučaju da su vrijednosti više (izuzev u slučaju defanzivnog rejtinga) to je dobar pokazatelj za naš tim.

## Starter - PF

Situacija sa novčanom granicom sada zahtjeva da ne tražimo najboljeg, nego najisplativijeg igrača. Također, pošto naša dva odabira su ofanzivo znatno jači nego defanzivno, igrač u pitanju mora da bude prvenstveno izuzetan defanzivac. Ako podijelimo ostatak novca na jednake dijelove, dobijamo ugovor u vrijednosti od 2,981,373\$. Naravno, za igrače koji griju klupu toliko novca nije potrebno, nego za minimum, koji se kreće od 490,180\$ do 1,399,507\$, zaviseći koliko godina je igrač u NBA ligi.

Zbog toga je potrebno pogledati list igrača na poziciji krilnog centra po defanzivnom rejtingu, te njihove ugovore.

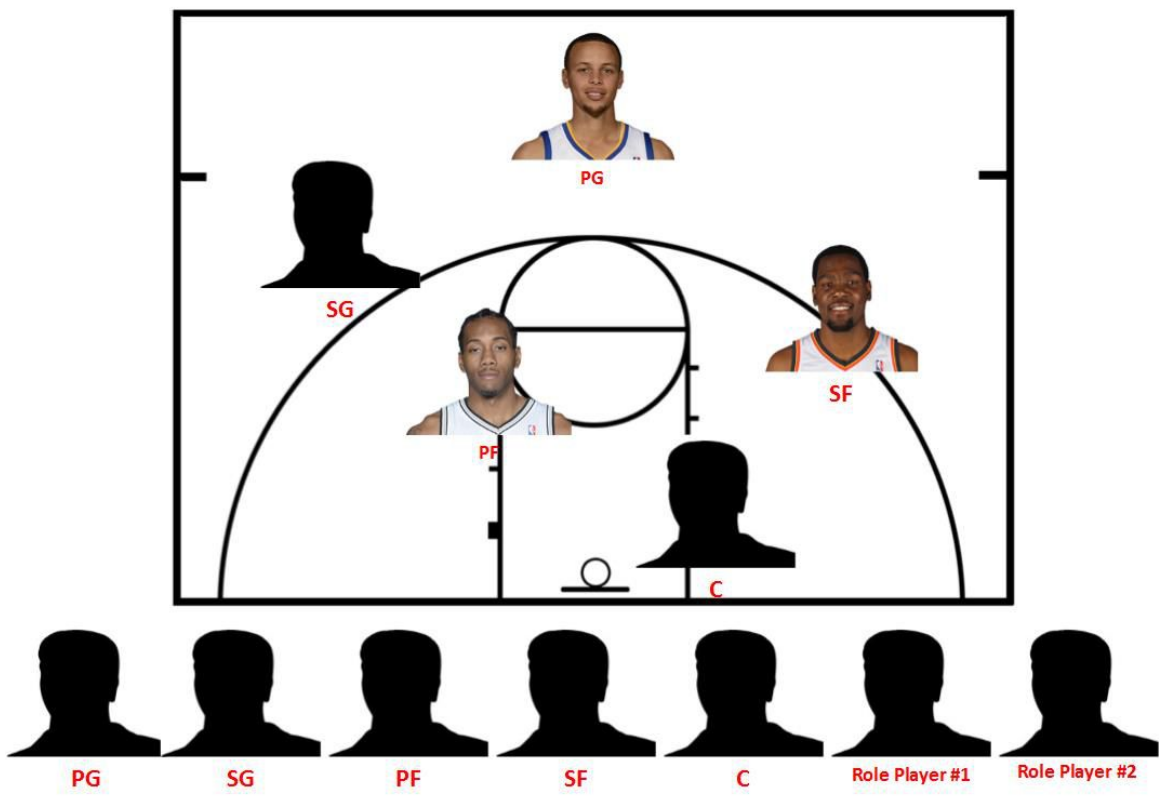
Ime i prezime	DRTG	Ugovor
Tim Duncan	97.6	\$10,361,446
Draymond Green	97.7	\$875,500
Kawhi Leonard	98.2	\$1,887,840
Carlos Boozer	98.5	\$15,300,000
Taj Gibson	99.9	\$7,550,000
Serge Ibaka	101.5	\$12,250,000

Pošto nam je cilj da budemo unutar gore navedene granice, ostaju samo dva moguća kandidata: Draymond Green i Kawhi Leonard.

Razlika između ovih ugovora je oko 1 milion dolara, pa je potrebno da se provjeri da li se isplati investirati taj novac na ugovor Kawhi Leonarda. Da bi to postigli, potrebno je pogledati koji igrač je kompletniji, i ako je to u pitanju Kawhi, da li je ta razlika veća od cijene.

Ime i prezime	1P%	2P%	3P%
Draymond Green	66.7	44.9	33.3
Kawhi Leonard	80.2	57.9	37.9

I u drugim statističkim podacima koji nisu navedeni u tabeli, poput ukradenih lopti i asistencija, je Kawhi znatno jači igrač, tako da dodatna investicija od 1 milion je opravdana.



Salary cap i minute sada izgledaju kao:

Ime i prezime	Minute
Kevin Durant	38.5
Stephen Curry	36.5
Kawhi Leonard	29.1
Ostatak minuta	135.9

Ime i prezime	Ugovor
Kevin Durant	\$18,995,624
Stephen Curry	\$9,887,624
Kawhi Leonard	\$1,887,840
Ostatak novca	\$27,925,894

A ukupan tim:

	OffRTG	DefRTG	1P%	2P%	3P%
Naš tim	118.7	102	87.0	54.0	38.6
Idealni tim	109.5	103.0	77.1	51.1	37.1

## Starteri - SG

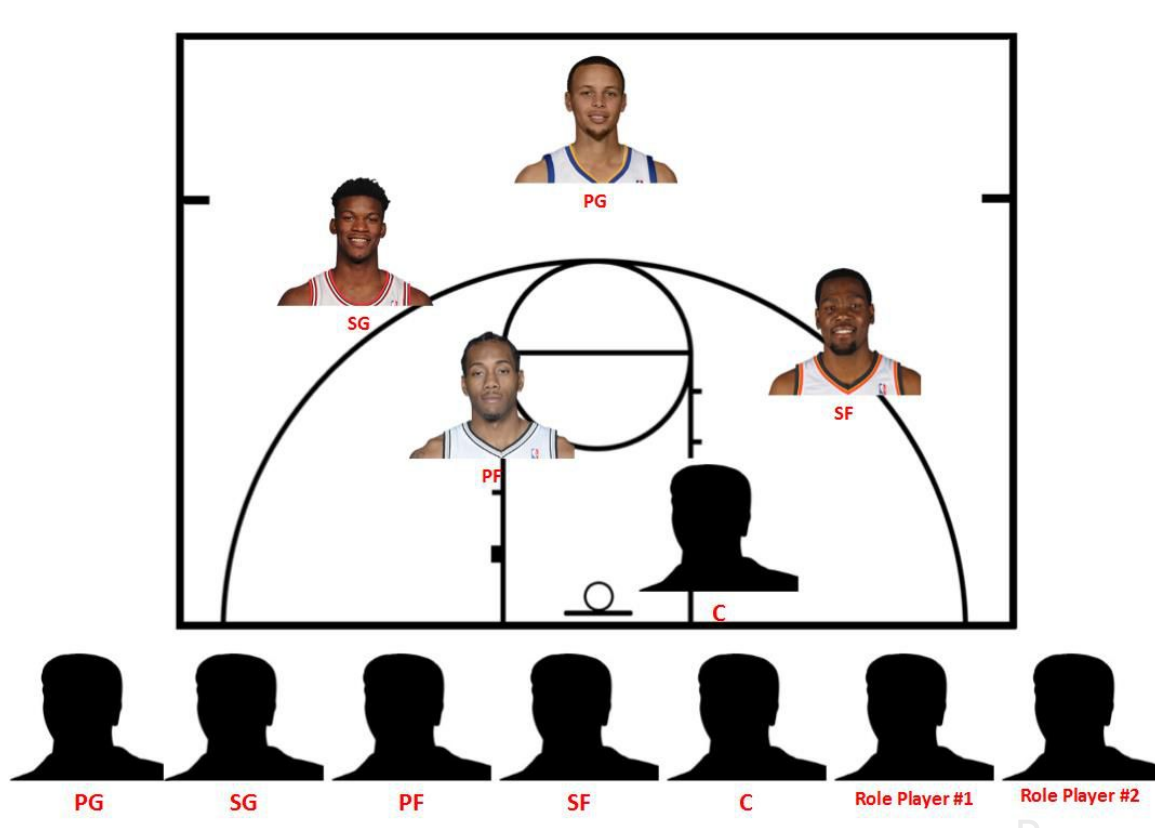
Iako sama pozicija u direktnom prevodu znači "šuterski čuvar", kojeg mi u našim krajevima još nazivamo "bek šuter", činjenica da na terenu se nalazi i Kevin Durant i Stephen Curry dozvoljava nam da se fokusiramo na balansiranje odbrane, tako da i za ovu poziciju će imati primat igrači sa velikim doprinosom u odbrani, pa tek onda će biti validirani po ofanzivnim vrijednostima.

Tako da za ovu kategoriju će biti razmatrani lideri u ukradenim loptama i defanzivnom učinku na ishod utakmica.

Potrebno je napomenuti da tokom pisanja ovog rada, jedan od glavnih kandidata za ovu poziciju, Paul George, je doživio stravičan otvoreni prelom noge, te je shodno kriteriju ozljede izbačen iz razmatranja.

Ono što je zanimljivo za ovu poziciju jeste da od svih lidera u defanzivnim kategorijama beka, jedno ime se samo spominje u više rubrika, izuzev Paul Georga, i to Jimmy Butlera. Ono što je zaista dobra okolnost što njegov ugovor je i dalje ispod 2 miliona dolara, tako da ga je moguće ubaciti odmah u momčad, bez puno poređenja.

Ažurirani podaci za date restrikcije su sada:



Ime i prezime	Minute
Kevin Durant	38.5
Stephen Curry	36.5
Kawhi Leonard	29.1
Jimmy Butler	38.6
Ostatak minuta	97.3

Ime i prezime	Ugovor
Kevin Durant	\$18,995,624
Stephen Curry	\$9,887,624
Kawhi Leonard	\$1,887,840
Jimmy Butler	\$1,112,880
Ostatak novca	\$26,813,014

A ukupan tim:

	OffRTG	DefRTG	1P%	2P%	3P%
Naš tim	116.0	101.5	84.8	52.9	38.6
Idealni tim	109.5	103.0	77.1	51.1	37.1

## Starteri - Centar

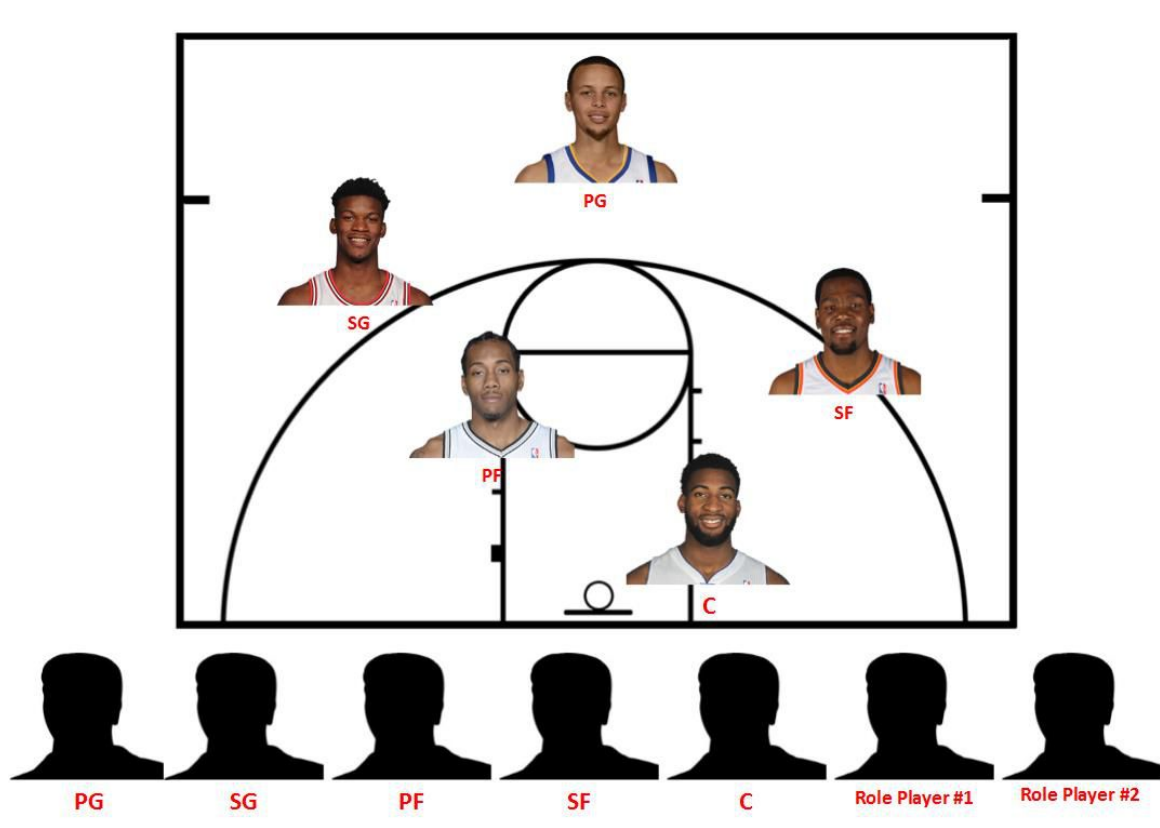
Kod pozicije centra, potrebna je visina, sposobnost skoka i blokada. Od lidera u NBA, u te tri kategorije izdvajaju se dva igrača: Anthony Davis i Andre Drummond.

Pošto su ugovori igrača u takvom odnosu da Anthony Davis zarađuje duplo više od Andrea, a oba ugovora su zadovoljavajuće vrijednosti za ostatak našeg budžeta, potrebna je dodatna analiza.

Ime i prezime	Blokade	Skokovi	PER
Anthony Davis	189	673	26.5
Andre Drummond	131	1071	22.6

Iako Anthony Davis ima znatno veći potencijal, zbog činjenice da ostatak momčadi nije dominantan u skoku, odlučujemo se za Andre Drummonda.

Ažurirani podaci se nalaze ispod.





Ime i prezime	Minute
Kevin Durant	38.5
Stephen Curry	36.5
Kawhi Leonard	29.1
Jimmy Butler	38.6
Andre Drummond	32.3
Ostatak minuta	65.0

Ime i prezime	Ugovor
Kevin Durant	\$18,995,624
Stephen Curry	\$9,887,624
Kawhi Leonard	\$1,887,840
Jimmy Butler	\$1,112,880
Andre Drummond	\$2,462,400
Ostatak novca	\$24,350,614

	OffRTG	DefRTG	1P%	2P%	3P%
Naš tim	117.0	102.0	77.6	54.9	38.6
Idealni tim	109.5	103.0	77.1	51.1	37.1

## Klupa

Kod pretrage klupe se malo moraju podaci drugačije gledati. Same kandidate već imamo, jer u većini slučajeva smo imali dva kandidata. Za igrače sa posebnim ulogama je poseban pogled na statistiku, tako da će oni biti razmatrani nakon. Glavni problem jeste da podaci kojima smo mjerili udio igrača prepostavljao da igrači imaju svoju standardnu minutažu. Sada se dešava situacija da ostalih 7 igrača dijeli samo 65 minuta od ukupnih 240. Od tih sedam, pet će biti podijeljeno opet na svoje pozicije, ali ne rigidno kao starteri, već kao što je prikazano ranije, na bekove i igrače u reketu.

Pozicija	Zauzete minute	Ostalo minuta
Bekovi	113.6	39
Igrači u reketu	61.4	26

Ove brojke ostatak minuta su procentualna podjela koliko igrači u početnoj postavi uzimaju pozicija (2/5 u reketu i 3/5 bekovi). To daje 13 minuta svakom igraču iz druge petorke. Naravno, bilo bi naivno pomisliti da podjela se isplati, tako da od drugih kandidata treba pogledati iskoristivost po minuti i taj odnos promijeniti. Radi napomene, ovo je potencijalna druga petorka:

Ime i prezime	Pozicija	Ugovor
Damian Lillard	Bek	\$3,202,920
Lebron James	Bek	\$19,067,500
Lance Stephenson	Bek	\$1,005,000
Draymond Green	Igrač u reketu	\$875,500
Anthony Davis	Igrač u reketu	\$5,375,760

Suma novca koja bi bila potrebna da vi igrači budu u našoj momčadi je prevelik za ostatak budžeta, i to je zato što Lebron James sam zauzme preko 50% tog prostora. Potreban je drugi, isplativiji igrač za naše potrebe. Ostali kandidati imaju znatno povoljnije ugovore, i taj zbir od \$10,459,180 je sasvim isplativ.

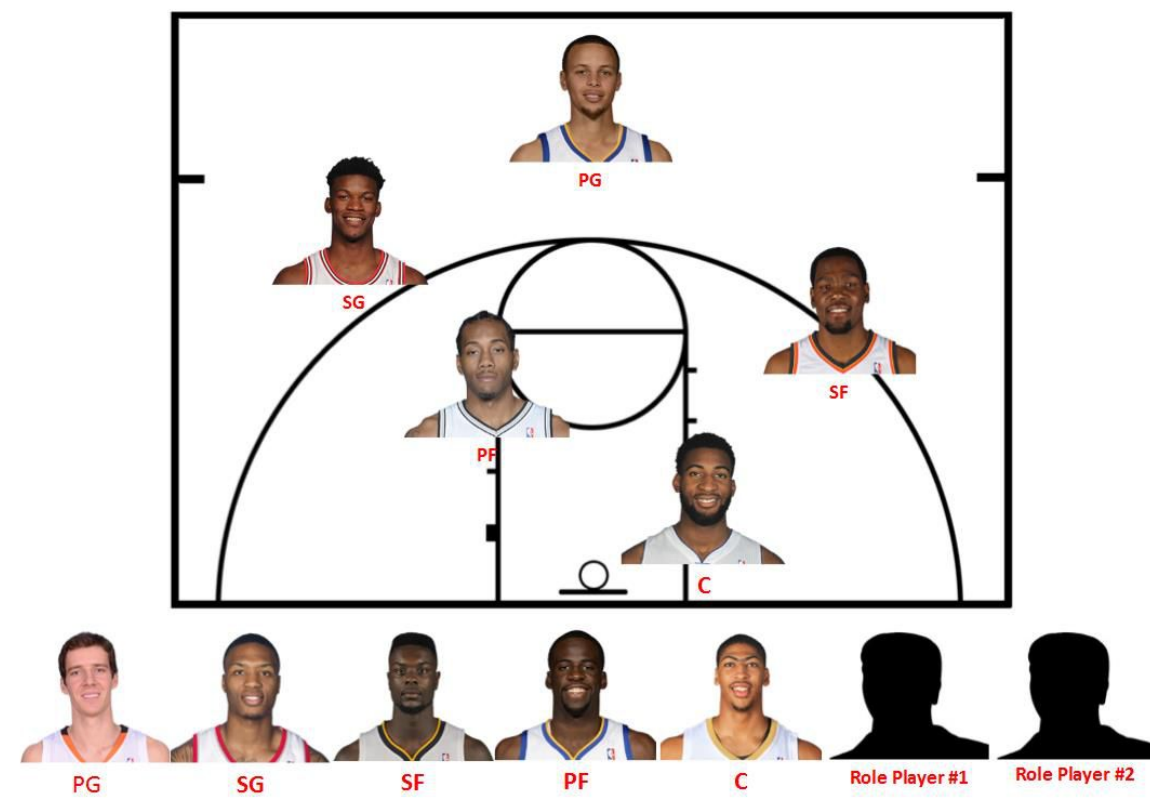
Za kandidata pozicije beka, uz mogućnost potrošnje još \$13,891,434, ističe se Goran Dragić, čiji ugovor se isplati preuzeti, tako da za igrače sa posebnim ulogama ostaje \$6,391,434.

Naravno, potrebno je podatke tih igrača mjeriti po minutaži od 12 minuta, a ne prema njihovoj inače, tako da uvodimo procentualni faktor koji je odnos između 12 minuta i njihovog prosjeka minuta od prošle sezone.

Ime i prezime	Minutaža	Faktor za balans
Goran Dragić	35.1	0.341
Damian Lillard	35.8	0.335
Draymond Green	21.9	0.547
Lance Stephenson	35.3	0.339
Anthony Davis	35.2	0.340

Kada pomnožimo sve podatke sa tim faktorima, možemo da vidimo njihov stvarni doprinos ekipi.

Sada pregled tima izgleda kao:



Ime i prezime	Minute
Kevin Durant	38.5
Stephen Curry	36.5
Kawhi Leonard	29.1
Jimmy Butler	38.6
Andre Drummond	32.3
Goran Dragić	12.0
Damian Lillard	12.0
Draymond Green	12.0
Lance Stephenson	12.0
Anthony Davis	12.0
Ostatak minuta	5.0

Ime i prezime	Ugovor
Kevin Durant	\$18,995,624
Stephen Curry	\$9,887,624
Kawhi Leonard	\$1,887,840
Jimmy Butler	\$1,112,880
Andre Drummond	\$2,462,400
Goran Dragić	\$7,500,000
Damian Lillard	\$3,202,920
Draymond Green	\$875,500
Lance Stephenson	\$1,005,000
Anthony Davis	\$5,375,760
Ostatak novca	\$6,391,434

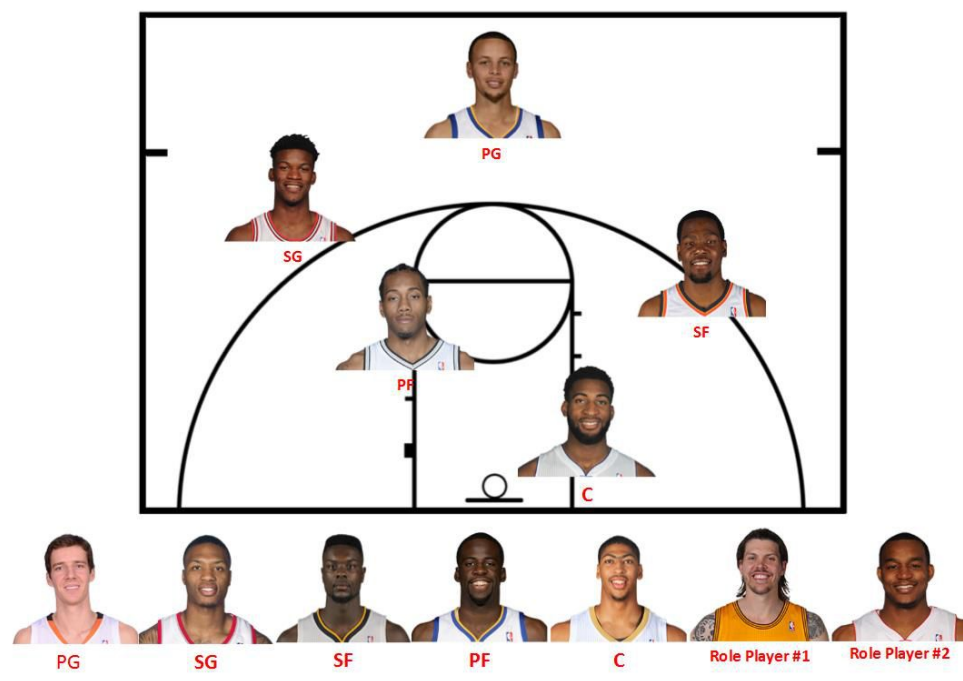
	OffRTG	DefRTG	1P%	2P%	3P%
Naš tim	114.7	103.2	77.7	53.9	38.4
Idealni tim	109.5	103.0	77.1	51.1	37.1

Ako pogledamo prošlu sezonu, naš tim bi bio prvi po ofanzivnom rejtingu, 13. po defanzivnom rejtingu, 10. po procentu šuta za jedan poen, 2. po šutu za dva poena te 2. po šutu za tri poena. Kao usporedba, osvajači titule 2013.-14. sezone, San Antonio Spursi, su šesti, četvrti, četvrti, četvrti i prvi respektivno.

## Igrači sa posebnim ulogama - Role Player

Posljednji igrači koje treba odabrati su oni koji dopunjuju ekipu sa jednom vrlinom. Zbog malo vremena koje je ostavilo igračima, pametno bi bilo uzeti jednog šutera, i jednog grijača klupe. Zbog toga nema restrikcija na poziciju, nego samo gledamo jeftine igrače sa velikom procentom šuta za tri, i malim ugovorom. Mike Miller je odlična investicija sa ugovorom od \$1,399,507, a za grijača klupe odabran je Chris Wright, sa isplatom od \$9,281.

Tako naša momčad na kraju izgleda kao:



Ime i prezime	Ugovor
Kevin Durant	\$18,995,624
Stephen Curry	\$9,887,624
Kawhi Leonard	\$1,887,840
Jimmy Butler	\$1,112,880
Andre Drummond	\$2,462,400
Goran Dragić	\$7,500,000
Damian Lillard	\$3,202,920
Draymond Green	\$875,500
Lance Stephenson	\$1,005,000
Anthony Davis	\$5,375,760
Mike Miller	\$1,399,507
Chris Wright	\$9,281
Ostatak novca	\$4,982,646

## Metaheuristički algoritam - Genetički algoritam

### **Opis**

Genetički algoritam je metaheuristički algoritam koji se bazira na prirodnoj pojavi genetičke rekombinacije i mutacije. Koristeći spomenute mehanizme, moguće je istražiti domensko područje i pritome izbjeći upadanje u lokalne ekstreme.

Glavna jedinka GA predstavlja hromozom. Hromozom predstavlja vektor vrijednosti varijabli unutar posmatranog prostora. Hromozom karakterišu geni tj. Jedna vrijednost kao i fitness - vrijednost kvalitete hromozoma koji je određen tipom problema.

Više hromozoma čini jednu populaciju. Tokom iteracije, populacija se mijenja shodno rekombinaciji i mutaciji.

Rekombinacija predstavlja razmjenu gena između dvije ili više hromozoma. Ta rekombinacija može da bude diskertna, linearna ili međurekombinacija.

Mutacija predstavlja rijetku promjenu nekih od gena unutar hromozoma. To omogućava pretragu prostora.

### **Karakteristike GA za problem NBA tima**

U našem slučaju hromozom predstavlja niz od 12 igrača od mogućih 483 aktivna igrača gdje je niz predstavljen kao:

001002003004005006007008009010011012

Ovo predstavlja niz od prvih 12 igrača na listi abecedno od svih igrača.

Fitness predstavljen je formulom:

$$\text{Fitness} = (\text{OffRTG} - \text{globalORTG}) * 1000 + (\text{globalDRTG} - \text{DefRTG}) * 5000 + \%1P * 1000 + \%2P * 1000 + \%3P * 1000 + 1\text{PMade} + 2 * 2\text{PMade} + 3 * 3\text{PMade}$$

Za rekombinaciju je odabran princip diskretne međurekombinacije, gdje se biraju dva broja od 0 do 100, i ako je  $p > q$ , dešava se zamjena igrača u principu 1-za-1:

Ekipa A	Zamjena	Ekipa B
LeBron James	$(p > q)$ DA	Quincy Pondexter
Carmelo Anthony	$(p < q)$ NE	Charlie Villenueava
Joe Johnson	$(p < q)$ NE	Gorgie Dieng
Paul George	$(p > q)$ DA	Luke Ridenour
Kyrie Irving	$(p < q)$ NE	Omri Casspi
Stephen Curry	$(p > q)$ DA	Andre Drummond
Quincy Acy	$(p < q)$ NE	Andre Igoudala
James Harden	$(p > q)$ DA	Mirza Teletović
Tim Duncan	$(p < q)$ NE	Nikola Mirotić
Dwayne Wade	$(p > q)$ DA	Nikola Peković
Jusuf Nurkić	$(p > q)$ DA	Damjan Rudež
Goran Dragić	$(p < q)$ NE	Shaun Livingston

Zbog problema smanjenja hiperkocke, mutacija je postavljena na 10%, što je znatno veće od norme. Ukoliko se ispuni uslov mutacije tj  $p > 90$ , algoritam uzima nasumice novog igrača iz ostatka.

Elitizam je moguće parametirizirati, kao i veličinu populacije i broj generacija u samoj aplikaciji.



## Rezultati genetičkog algoritma

Za dobijeni rezultat u "5-5-2" algoritmu, fitness je sljedeći:

Ime	ORTG	DRTG	1P	1PA	2P	2PA	3P	3PA
Kevin Durant	115	105	4150	4712	4255	8311	955	2522
Stephen Curry	114	107	1203	1342	1808	3670	1066	2462
Kawhi Leonard	115	99	387	482	776	1434	213	577
Jimmy Butler	116	103	792	989	706	1475	162	508
Andre Drummond	114	102	285	706	981	1696	1	5
Goran Dragić	110	110	1060	1419	1578	3074	494	1360
Damian Lillard	112	109	884	1028	956	2037	533	1440
Draymond Green	102	98	209	298	340	754	138	441
Lance Stephenson	99	102	279	419	740	1469	164	546
Anthony Davis	119	103	773	973	1304	2448	3	24
Mike Miller	110	108	1347	1753	2421	4821	1558	3821
TOTAL	114.7	103.2	11369	14129	15865	31189	5287	13706

$$Fitness = 73981,66$$

Ako se koristi populacija od 100 jedinki i 10000 iteracija sa elitizmom od 10 jedinki, nakon 20 pokušaja, najboljih 5 ekipa je:

Kod ekipe	Fitness
204329433408141114191129049190202212	139720,60
367113107114146116307317139090153234	125479,66
402334023202205136059203423337139044	122907,05
222074226168202018149191161374142139	122081,47
367304065417059351191025045330114154	120599,26

## **Zaključak**

Kod GA, potrebno je napomenuti da restrikcije su slabije zbog očuvanja jednostavnosti, tako da ekipe koje nastaju gube smisao sa stanovišta košarkaške logike i financijski restrikcija. Također je bitno uočiti kako su iskusniji igrači favorizirani od strane GA u odnosu na 5-5-2.

Kod korištenja metaheurističnih algoritma potrebno je da se vodi računa o posebnosti domene i da se kriterij uspjeha formira na logičan način, inače će rezultati postati veoma kontra-intuitivni i cijeli mehanizam gubi smisao.