SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

SEMINAR

UMJETNA INTELIGENCIJA U POKERU

Krešimir Mišura

Voditelj: Doc. dr. sc. Domagoj Jakobović

Zagreb, travanj, 2011.

**Sadržaj**

[1. Uvod 1](#_Toc290399998)

[2. Poker 2](#_Toc290399999)

[2.1 Ante/Blinds 2](#_Toc290400000)

[2.2 Dijeljenje 2](#_Toc290400001)

[2.2.1 Runde 2](#_Toc290400002)

[2.2.2 Ulaganje 2](#_Toc290400003)

[2.3 Showdown 3](#_Toc290400004)

[3. Poker na računalu 5](#_Toc290400005)

[3.1 Uvod 5](#_Toc290400006)

[3.2 Ekspertni sustav 5](#_Toc290400007)

[3.3 Teoretski optimalna strategija 5](#_Toc290400008)

[3.4 Simulacija i enumeracija 5](#_Toc290400009)

[3.5 Odabrana paradigma 6](#_Toc290400010)

[3.6 Evaluacija ruke 7](#_Toc290400011)

[3.6.1 Pre-Flop evaluacija 7](#_Toc290400012)

[3.6.2 Jačina ruke 7](#_Toc290400013)

[3.6.3 Prilagodba za više protivnika 9](#_Toc290400014)

[3.6.4 Prilagodba za slučaj više protivnika 10](#_Toc290400015)

[3.7 Strategija ulaganja 11](#_Toc290400016)

[3.7.1 Post-flop strategija ulaganja 11](#_Toc290400017)

[3.8 Modeliranje protivnika 13](#_Toc290400018)

[3.8.1 Matrica težina 13](#_Toc290400019)

[3.8.2 Frekvencije akcija 13](#_Toc290400020)

[3.8.3 Podešavanje matrice težina 14](#_Toc290400021)

[4. Zaključak 16](#_Toc290400022)

[5. Literatura 17](#_Toc290400023)

[6. Sažetak 18](#_Toc290400024)

[Dodatak A 19](#_Toc290400025)

# Uvod

Igre su jedno od najstarijih područja istraživanja Umjetne inteligencije.

Četiri karakteristike čine igre prikladnima za istraživanje []:

* Stanje svijeta je jednostavno za prikazati
* Postoji mali broj dobro definiranih pravila i jasno definiran cilj
* Relativni uspjeh dobiven igranjem igre se može jednostavno kvantificirati
* Osnovna infrastruktura za igraći program se može jednostavno izgraditi

Polje umjetne inteligencije se tradicionalno fokusiralo na proučavanje šaha te ostalih determinističkih „zero sum“ igara sa dva igrača i potpunim informacijama. U ovakvim igrama, igrači stalno imaju potpuno znanje o stanju igre, jer je ono vidljivo svim igračima.

Poker je „zero-sum“ igra sa nepotpunim informacijama i više igrača. Pravila igre su jednostavna, ali je igra strateški veoma kompleksna.[]

Poker ima niz karakteristika koje ga čine zanimljivim za istraživanje. To su []:

* Više agenata koji se međusobno natječu
* Nepotpune informacije (protivničke karte)
* Minimizacija rizika (strategija ulaganja i njezine posljedice)
* Modeliranje protivnika (pronalaženje i iskorištavanje grešaka u protivničkoj igri)
* Zavaravanje (blefiranje i mijenjanje stila igranja)
* Nošenje sa netočnim informacijama (protivnici igraju na način da bi nas zavarali)

U ovom radu bit će razrađen jedan od mogućih pristupa izgradnji programa koji bi bio sposoban igrati poker. Analizirani su i neki drugi potencijalni pristupi te su navedeni pozitivni i negativni aspekti svakog od tih pristupa. Za odabrani pristup je opisano kako je riješen svaki pojedini aspekt igre.

# Poker

Postoji mnogo različitih varijatni pokera, a u ovom radu će fokus biti na „Texas Hold'em“ varijanti. S obzirom na način ulaganja „Texas Hold'em“ se može igrati na tri različita načina:

* fixed limit (veličina uloga je unaprijed određena)
* pot limit (veličina uloga je unaprijed određena kao postotak novca koji je do tog trenutka uložen u pot)
* no limit (nema limita na veličinu uloga).

Od tih varijanti, za računalo je najpovoljnija „fixed limit“, tako da se ona podrazumjeva u daljnjem tekstu.

Karte ćemo skraćeno zapisivati u textu pomoću dva znaka, prvi je vrijednost karte, a drugi je boja. Vrijednost može poprimiti neki znak iz skupa

{ 2 ,3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 , T(ten) , J(jack) , Q(queen) , K(king) , A(ace) },

a boja prima neki znak iz skupa

{ d(diamonds) , h(hearts) , s(spades) , c(clubs) }.

Svaka igra se sastoji od nekoliko rundi. Igra traje dok ne ostane samo jedan aktivan igrač ili dok ne završi zadnja runda ulaganja. U tom slučaju, igrači pokazuju karte i zatim se određuje pobjednik.

## Predulozi (engl. Ante/Blinds)

Prije prvog djeljenja svaki igrač treba uložiti unaprijed određeni iznos u pot. Alternativni način je da samo igrači poslije djelitelja unaprijed ulažu novac te se oni redom nazivaju „*Small blind*“ i „*Big blind*“. Ove obavezne uplate su ključne sa teoretskog stajališta jer bi inača rizik mogao biti minimiziran na trivijalan način da igrač ulaže novac samo u igrama kada ima najjače moguće karte.

## Dijeljenje

Svaka runda počinje nasumičnim dijeljenjem karata (nedeterministički element).

### Runde

1. Pre-flop
	1. svakom igraču se dijele dvije karte okrenute licem prema dolje (*engl. hole cards*)
2. Flop
	1. 3 karte se dijele licem prema gore na stol (*engl. community cards*)
3. Turn
	1. 1 karta se dijeli licem prema gore na stol
4. River
	1. 1 karta se dijeli licem prema gore na stol

### Ulaganje

 Igrači su u nepromjenjivom rasporedu sjedenja oko stola. Pozicija djelitelja se rotira oko stola u smjeru kazaljke na satu. Ulaganje uvijek započinje prvi na potezu. U Pre-flop rundi, prva dva igrača do djelitelja moraju uložiti unaprijed određeni iznos „small blind” i „big blind”. Prvi na potezu je prvi aktivni igrač poslije „big blind”. U svim kasnijim rundama prvi na potezu je prvi aktivni igrač poslije djelitelja.

Ulaganje se nastavlja u smjeru kazaljke na satu tako dugo dok svi aktivni igrači nisu uložili jednak iznos, ili dok nije preostao samo jedan aktivni igrač.

U većini situacija, igrač može birati između 3 različite akcije:

 - predaja (*engl. Fold*)

- igrač ispada iz igre, tj. Postaje neaktivan. Igrač nakon ove akcije više nije u mogućnosti osvojiti pot, te gubi novac koji je dosada uložio u pot

 - praćenje uloga (*engl. Call)*

- igrač ulaže onoliko koliko je najveći ulog igrača prije njega, ostaje aktivan

- check je poseban slučaj praćenja uloga, gdje je najveći ulog prije njega već jednak ulogu trenutnog igrača, pa nije potrebno ništa više dodatno ulagati

 - podizanje uloga (*engl. Raise)*

- igrač ulaže više novaca nego što je itko prije njega uložio, te će ostali igrači morati uložiti isto toliko ukoliko žele ostati u igri.

- početno ulaganje je poseban slučaj podizanja uloga gdje je najveći ulog prethodnih igrača jednak 0.

U „fixed-limit” pokeru, svako ulaganje ili podizanje uloga je unaprijed određene visine, tj. igrači nemaju slobodu odlučivanja točno koliko novaca žele uložiti, već samo odlučuju između jedne od tri prethodno navedene akcije. Najčešće je broj podizanja uloga u jednoj rundi ograničen na 4.

## Showdown

Ukoliko je preostao samo jedan aktivan igrač, on dobiva sav novac iz pota. U protivnom, kad je završena zadnja runda ulaganja, igra ulazi u showdown.

Svi aktivni igrači pokazuju svoje karte, te se određuje tko ima najjaču ruku. Jačina ruke se dobije kombiniranjem 5 karata koje se nalaze na stolu sa 2 karte koje igrač drži u ruci na način da se dobije najjača moguća ruka.

Moguće ruke poredane od najjače prema slabijima[]:

- **Skala u boji** (*engl. Straight Flush*): Ukoliko više igrača ima skalu u boji, tada se rangiraju prema najvišoj karti koja tvori skalu. Ukoliko je skala do Asa, tada se naziva „Royal Flush”.

- **Poker** (*engl. Four of a Kind*): Ovu ruku tvore četiri karte istog ranga, a 5 karta može biti bilo koja.

 - **Full House**: 3 karte jednog ranga i još 2 karte nekog drugog ranga

- **Boja** (*engl. Flush*): svih 5 karata je iste boje. Ukoliko više igrača ima boju, tada pobjeđuje onaj čija je boja od karata višeg ranga.

 - **Skala** (*engl. Straight*): 5 karata u nizu.

 - **Tris** (*engl. Three of a Kind*): 3 karte istog ranga + 2 kicker karte.

 - **Dva para** (*engl. Two Pair*): 2 karte jednog ranga, 2 karte drugog ranga + 1 kicker karta

 - **Par** (*engl. One Pair*): 2 karte istog ranga + 3 kicker karte

- **Visoka karta** (*engl. High Card*): Ukoliko nema bolju ruku tada se redom od najjače prema najslabijoj uspoređuje rang karata i na taj način određuje pobjednik.

# Poker na računalu

## Uvod

Različiti pristupi računalnom igranju pokera se ugrubo mogu podijeliti u tri općenite arhitekture: []

* ekspertni sustavi
* teoretski optimalna igra (*engl. game theoretic optimal play*)
* sustavi bazirani na simulaciji/enumeraciji.

## Ekspertni sustav

Ekspertni sustav je u osnovi popis specifičnih pravila od kojih se svako odnosi na neku situaciju u igri. Ovo je vjerojatno najbrži način za konstruirati sustav koji će igrati poker, no takvi sustavi nemaju mogućnost učenja, tako da ga dobar igrač s lakoćom pobjeđuje.

Ovakav pristup ubrzo nailazi na svoja ograničenja. Prilikom konstrukcije relativno dobrog programa, potrebno je napisati iznimno velik broj „ako-onda“ pravila koja pokrivaju većinu specifičnih situacija koje se mogu pojaviti tokom igre. Sa velikim brojem pravila, počinju se događati konflikti među pravilima pa je potrebno i realizirati neki način razrješavanja tih situacija. Nadalje, sustav ne može biti bolji od osobe koja ga je konstruirala, jer nema sposobnost učenja, već se zna ponašati samo u onim situacijama koje su unaprijed predviđene.

## Teoretski optimalna strategija

Optimalna strategija uvijek uzima „najbolji potez za najgori slučaj“. To znači dvije stvari: „Ukoliko računalo igra protiv dobrog protivnika, ne postoji bolja strategija i neće se ništa promijeniti nagore čak ni ako protivnik sazna strategiju računala.“ Pronalazak optimalne strategije u pokeru nije toliko jednostavan, prvenstveno zbog jako velikog faktora grananja u stablu pretraživanja.

Uz to, teoretski optimalna strategija nije nužno i najbolja. Razlog tome je što se u ovakvoj strategiji podrazumjeva da protivnik igra optimalno čime se gubi mogućnost iskorištavanja slabosti u protivničkoj igri. Rezultat toga je da čak i protiv slabih protivnika teoretski optimalna strategija igra neodlučeno.

Nasuprot optimalne strategije, maksimalna strategija koja koristi modeliranje protivnika bi pronašla i iskoristila slabosti u protivničkoj igri i na taj način polučila profit.

## Simulacija i enumeracija

Simulacija je zapravo igranje danih karata više puta, na način da su protivničke karte svaki put nasumično podijeljene. Broj iteracija u simulaciji se može birati na razne načine, a najčešće ovisi o vremenu koje imamo na raspolaganju. Ovakva tehnika će nam dati grubu procjenu jačine i potencijala naše ruke.

Enumeracija za razliku od simulacije podrazumjeva prebrajanje svake moguće situacije, te na taj način dobivamo točnu vjerojatnost da držimo najbolje karte.

Enumeracija daje točnu vrijednost, dok simulacija daje samo više ili manje dobru procjenu. S druge strane simulacija je obično znatno manje vremenski zahtjevna od enumeracije.

Ovi pristupi se vrlo često kombiniraju sa ekspertnim pravilima. Npr. takvo pravilo bi moglo glasiti „**ako** (vjerojatnost da imam najbolju ruku > 90% **onda** raise **inače** fold)“. Također, simulacija se vrlo dobro može kombinirati sa modeliranjem protivnika te na taj način dobivati dobre procjene vjerojatnosti. Model protivnika bi trebao davati informacije o vjerojatnostima da on drži pojedine karte u ruci. Takve informacije bi se onda koristile prilikom simulacije.

## Odabrana paradigma

U ovom radu će detaljnije biti obrađen pristup koji se temelji na simulaciji i enumeraciji. Razlozi za to su:

* Ekspertni sustav je ograničen i previše ovisan o kontekstu. Poker je previše složena igra da bi se adekvatno obuhvatile sve moguće situacije do kojih može doći tokom igre.
* Teoretski optimalna strategija je vrlo kompleksna za izračunati i ne bi bila primjenjiva u stvarnom vremenu. Nadalje, ona ne iskorištava pogreške u protivnikovoj igri i zato izabiremo maksimalnu strategiju umjesto optimalne.
* Model baziran na enumeraciji se jednostavno kombinira sa modeliranjem protivnika. Nadalje, većina traženih vrijednosti se može izračunati u stvarnom vremenu, a ostale možemo procijeniti na temelju simulacije ili neke koje se češće koriste imati unaprijed izračunate i pohranjene u memoriji.

Tri su ključna područja u igri koja moramo riješiti pri konstrukciji uspješnog programa. To su:

* Evaluacija ruke (koristeći trenutno stanje igre i modeliranje protivnika, računa se vjerojatnost da imamo najbolju ruku na stolu)
* Strategija ulaganja (na temelju trenutnog stanja igre, modela protivnika i evaluacije ruke, odlučuje o najboljoj akciji u danom trenutku)
* Modeliranje protivnika (koristeći znanje o prošlim rundama igre, procjenjuje koje karte protivnik ima i koju će akciju poduzeti kada dođe na red)

Ova područja će biti detaljnije opisana dalje u tekstu.

## Evaluacija ruke

Precizna procjena vjerojatnosti da igrač drži najjače karte za stolom je nužan uvjet za dobro igranje pokera. Tu vjerojatnost ćemo zvati „jačina ruke“.

No jačina ruke nije uvijek najbolji procjenitelj vjerojatnosti pobjede. Naime, uzimo pojednostavljenu situaciju sa 2 igrača na flopu:

Igrač 1: 2h, 7s

Igrač 2: 9d, Td

Stol: 2d, Jd, 8h

U ovom trenutku Igrač 1 ima jaču ruku jer ima par dvojki, dok Igrač 2 nema ništa. No to ne odražava realnu situaciju, jer na stol dolaze još dvije karte. Ukoliko padne bilo koja karta tipa karo, Igrač 2 će imati boju, a ukoliko padne karta broj 7 ili Q, Igrač 2 će imati skalu.

Iz ovog razloga uvodimo pojam „potencijal ruke“. Potencijal ruke je vjerojatnost da će ruka postati najbolja (ili prestati biti najbolja ukoliko je trenutačno najbolja) nakon što se podijele još neke karte.

### Pre-Flop evaluacija

Za početne dvije ruke postoji $\left(\begin{matrix}52\\2\end{matrix}\right)=1326$ mogućih kombinacija, ali samo 169 različitih (7h7h je prilikom pre-flop ocjene isto kao i 7d7d).

Kako ima samo 169 različitih početnih ruku, možemo za svaku od njih izračunati IR(*engl. Incom Rate*) te tu vrijednost zapisati u neku datoteku te koristiti u igri. Upravo je to napravljeno[] na način da je za svaku početnu ruku provedena simulacija 10^6 puta, za 1,3 i 6 protivnika te su rezultati navedeni u dodatku A. Svaki protivnik je bio jednostavno modeliran i plaćao je u svakoj rundi sve do kraja.

IR se zatim računao na sljedeći način:

$$IR=\frac{zarađeni novac}{broj odigranih ruku}$$

Ova vrijednost je dobivena u pojednostavljenom scenariju kada svaki igrač plaća u svakoj rundi, dakle bez ikakve taktike. To je potrebno uzeti u obzir u stvarnim primjenama. Nadalje, sama vrijednost IR nije od posebnog značaja, već nas više zanima poredak karata po jačini.

### Jačina ruke

Jačina ruke ocjenjuje koliko je naša ruka snažna u odnosu na ono što bi protivnici mogli imati u ruci. Računamo ju na flopu, turnu i riveru, na temelju težinske enumeracije(ili simulacije) po svim mogućnostima koje protivnici mogu imati u rukama. Protiv jednog igrača enumeraciju možemo provoditi u realnom vremenu, u „flop“ rundi protivnik može držati $\left(\begin{matrix}47\\2\end{matrix}\right)=1081$ mogućih ruku, u „turn“ rundi $\left(\begin{matrix}46\\2\end{matrix}\right)=1035$, a u „river“ rundi $\left(\begin{matrix}45\\2\end{matrix}\right)=990$ mogućih ruku.

Prilikom enumeracije koristit ćemo matricu w. To je matrica u kojoj svaki element predstavlja moguće ruku(2 karte) koju protivnik drži. Tu matricu popunjavamo prilikom modeliranja protivnika. Ta tablica se normalizira tako da suma svih elemenata iznosti jedan. Nakon normalizacije, vrijednost svakog elemenata se može očitati kao „kolika je vjerojatnost da baš ove dvije karte protivnik ima u ruci (ako znamo kako je odigrao prošle runde)“. Ukoliko tablica nije normalizirana, tada bi vrijednost svakog elementa značila: „koja je vjerojatnost da bi protivnik odigrao na ovaj način (ako znamo da drži te karte)“.

Vrijednosti elemenata matrice koriste se kao težine prilikom procesa enumeracije, ili kao vjerojatnosti prilikom nasumičnog biranja karata u procesu simulacije.

Ukoliko modeliranje protivnika nije implementirano, tablica w može se popuniti prema uniformnoj distribuciji, ili prema nekim standardnim vrijednostima.

Označimo vjerojatnost da držimo najjaču ruku sa HS (*engl. Hand strength*).

Neka je $HS\_{n}$ rang karte ukoliko igramo protiv n igrača.

Ukoliko svi protivnici imaju istu matricu w, tada ugrubo možemo procijeniti

$$HS\_{n}= \left(HS\_{1}\right)^{n}$$

(HS1 dobivamo prema algoritmu [)

Ova formula ne daje točnu vrijednost jer ne uzima u obzir da više igrača ne može držati istu kartu, ali je dosta dobra procjena, pogotovo uzimajući u obzir da značajno smanjuje računalnu složenost enumeracije.



Slika ‑ Algoritam za računanje jačine ruke

### Prilagodba za više protivnika

U gornjim razmatranjima se pretpostavlja da je matrica w ista za sve protivnike. U općenitom slučaju to neće vrijediti.

Enumeracija po svim mogućim slučajevima previše je kompleksna i nije ju moguće ostvariti u realnom vremenu već za 4 igrača na stolu.

Stoga se koriste metode koje daju procjenu $HS\_{n}$, ali uz puno manju računalnu složenost.

Prvi način je da se računa $HS\_{pi}$ za svakog igrača, te zatim koristi jednadžba:

$$HS\_{n}=HS\_{p1}\*HS\_{p2}\*…\*HS\_{pn}$$

Drugi način je da se $HS\_{1}$ izračunava pomoću posebne matrice težina, koja se naziva „field array“, a dobiva se kombiniranjem matrica w svih aktivnih igrača. Svaka vrijednost u matrici field array je zapravo srednja vrijednost svih aktivnih igrača. Zatim se računa $HS\_{n}$ prema formuli:

$$HS\_{n}= \left(HS\_{1}\right)^{n}$$

Rađena je procjena pogreške ovih metoda u odnosu na potpunu enumeraciju. Za prvu metodu je prosječna pogreška bila 0.307% protiv 2 igrača te 0.502% protiv 3 igrača. Pogreška nikad nije prešla 2.19%.

Kod druge metode prosječne pogreške su bile 0.671% za 2 i 0.751% za 3 igrača. Pogreška nikad nije prošla 5.79% [].

### Potencijal ruke

Potencijal ruke procjenjuje vjerojatnost da će se ruka poboljšati (ili pokvariti) u odnosu na protivnikove karte kad se pojave dodatne karte na stolu.

Računat ćemo pozitivni potencijal PPOT(*engl. Positive potential*), koji je vjerojatnost da ćemo u budućnosti imati najbolju ruku ako ju sada nemamo i negativni potencijal NPOT(*engl. Negative potential*) koji je vjerojatnost da nećemo imati najjaču ruku na kraju iako je naša ruka trenutačno najjača.

$PPOT\_{1}$ je za slučaj kada se gleda jednu kartu unaprijed, a $PPOT\_{2}$ je za slučaj kada se gleda dvije karte unaprijed. PPOT2 se računa pomoću algoritma na [].

U slučaju da igramo protiv jednog protivnika broj mogućih kombinacija je:

$$PPOT\_{1},NPOT\_{1}:48,645 na flopu i 43,560 na turnu$$

$$PPOT\_{2},NPOT\_{2}:1,070,190$$



Slika ‑ Algoritam za računanje potencijala ruke

### Prilagodba za slučaj više protivnika

Slično kao u slučaju jačine ruke i ovdje je previše složeno računati točan potencijal za slučaj 3 ili više protivnika. Zbog toga se koristi tablicu „field array“ koja se koristila i prilikom računanja jačine ruke.

Nadalje PPOT računamo kao da je samo jedan protivnik i tu vrijednost koristimo bez preinaka. Za sada ne postoji jednostavna formula poput one za $HS\_{n}$ koja bi dala razumnu procjenu, a kako je potpuno računanje previše složeno moramo se zadovoljiti ocjenom za jednog protivnika. Može se pokazati da ta ocjena u večini slučajeva daje optimističnu vjerojatnost, ali odstupanja od stvarne vrijednosti su prihvatljiva.

## Strategija ulaganja

Kao izlaz iz ovog modula očekujemo jednu od 3 akcije:

* fold
* call/check
* bet/raise.

Srž umjetne inteligencije u pokeru je u odlučivanju između ove 3 akcije.

Prilikom odabira pojedine akcije, cilj je izabrati onu akciju sa najvećim EV(*engl. expected value*).

Najjednostavniji sustav bi mogao koristiti samo jačinu ruke i zatim računati „pot odds“ te onda iz omjera jačine ruke i vrijednosti „pot odds“ odrediti koju akciju poduzeti. Na ovo bi mogli dodavati neke složenije taktike poput „slowplaying“ ili blefiranja.

Strategiju ulaganja se ugrubo mogu podijeliti na pre-flop i post-flop.

Tokom pre-flop stadija igre postoji još 5 neotkrivenih karata što čini enumeraciju daleko pre složenom, a simulaciju dosta nepreciznom. No postoji svega 169 značajno različitih parova karata koje možemo držati i svega 10 različitih pozicija za stolom. To sve čini ovu rundu igre prikladnom za ekspertni sustav. U većini implementacija je igra u ovom stadiju i ostvarena pomoću ekspertnog sustava, te će u daljnjem tekstu fokus biti prebačen na post-flop igru.

### Post-flop strategija ulaganja

#### Efektivna jačina ruke (engl. Effective Hand Strength)

Ukoliko želimo saznati vjerojatnost da je naša ruka najjača u slučaju da dođe do pokazivanja karata, niti jačina ruke niti potencijal ruke nam pojedinačno nisu dovoljne informacije. Želimo kombinirati te vrijednosti da bi dobili ukupnu vjerojatnost da ćemo na kraju imati najbolju ruku. Ta ukupna vrijednost se naziva Efektivna jačina ruke i računama se na način:

$$EHS= HS\_{n}+\left(1-HS\_{n}\right)\*PPOT-HS\_{n}\*NPOT$$

Problemi se javljaju u ovoj formuli zbog varijable NPOT. Naime, kada ulažemo ne znamo hoće li naš protivnik uopće igrati. Nadalje, u mnogim situacijama kada je NPOT velik, bolja je strategija uložiti ili podići ulog i na taj način izgurati tog protivnika iz runde. Iz tih razloga često koristimo optimističniju varijantu EHS'.

$$EHS'= HS\_{n}+\left(1-HS\_{n}\right)\*PPOT$$

EHS' je vjerojatnost da trenutno imamo najbolju ruku ili da ćemo imati najbolju ruku kada dođe trenutak pokazivanja karata.

#### Polu blefiranje

Ukoliko još nitko nije uložio nikakve novce, a imamo dovoljno visok potencijal za praćenje uloga pa čak i podizanje uloga, onda mi možemo otvoriti ulaganje. Ukoliko nitko od ostalih igrača ne uloži, mi ćemo nastaviti ulaganje i u sljedećim rundama čak i ako više nemamo dovoljan potencijal. To radimo zato da bi izgledalo kao da imamo jaku ruku tako dugo dok postoji mogućnost da ćemo dobiti pot bez potrebe da pokazujemo karte.

Polu blefiranje koristimo onda kada vrijedi da je PPOT>=Pot\_Odds2, gdje je Pot\_odds2 jednako:

$$Pot odds2=\frac{2\*bet size}{\left(pot size+4\*bet size\right)+2\*bet size}$$

#### Zvanje uz povoljne Pot Odds

„Pot Odds“ je omjer novca kojeg trebamo platiti da bi nastavili sudjelovati u ruci podijeljeno sa ukupnim novcem koji ćemo dobiti nazad ako pobijedimo. Dakle, računa se prema formuli:

$$Pot Odds= \frac{to call}{pot size+to call}$$

Zovemo ukoliko je runda=“turn“ i vrijedi PPOT ≥ Pot Odds, ili runda=“river“ i vrijedi $HS\_{n}\geq Pot Odds$.

#### Zvanje uz povoljne „Showdown Odds“

Zvanje uz dobre „Pot odds“ temelji se samo na trenutnoj situaciji, tj. cijeni koju moramo platiti da bi vidjeli još jednu kartu, te se na rundama „turn“ i „river“ bazira samo na potencijalu karte. Ne pokriva situacije gdje imamo srednje jaku kartu i srednje dobar potencijal za poboljšanje, ali niti jedno od tog dvoje nije samo po sebi dovoljno jako da bi opravdalo praćenje uloga.

Zato uvodimo novo pravilo koje se temelji na „Showdown odds“.

Vrijednost „Showdown Odds“ se računa prema sljedećim formulama.

$$Showdown Odds\left(turn\right)= \frac{to call+bet size}{pot size+to call+2\*bet size}$$

$$Showdown Odds\left(flop\right)= \frac{to call+4\*bet size}{pot size+to call+8\*bet size}$$

Pratit ćemo protivnički ulog ako vrijedi:

EHS ≥ Showdown Odds

## Modeliranje protivnika

U strateškim igrama poput šaha ili dame može se pretpostaviti da protivnik igra optimalno, jer ta pretpostavka ne pogoršava značajno našu igru čak i ako igramo protiv suboptimalnih igrača.

U pokeru je modeliranje protivnika i prilagođavanje igre na temelju tih informacija ključna značajka koja razlikuje dobre igrače od loših.

Model protivnika ćemo graditi na temelju poznatih podataka koje imamo o njemu, a to je povijest njegovih akcija. Koristeći te informacije radimo raspodijelu vjerojatnosti njegovih skrivenih karata.

Potrebno je generirati model za svakog igrača i čuvati ga između rundi.

Model protivnika se sastoji od dvije osnovne strukture, matrice težina i frekvencije akcija. Te strukture se popunjavaju prilikom učenja modela. Matrica težina je zapravo model protivnikove ruke, i resetira se pri svakom dijeljenju.

Frekvencija akcija je statistika koja nam govori koliko puta je igrač napravio danu akciju u danoj situaciji. Koristi ju sustav za modeliranje protivnika prilikom podešavanja matrice težina.

### Matrica težina

Matrica težina je zapravo model protivnikove ruke. Svaki igrač p ima matricu težina $w\_{p}[h]$, tako da h predstavlja bilo koje dvije karte (koje on teoretski može držati u ruci).

$w\_{p}[h]$ otprilike predstavlja vjerojatnost da bi igrač p igrao na način na koji je igrao ako u ruci drži karte h. Ova vjerojatnost se pri dijeljenju resetira na 1.

Ove vrijednosti se nazivaju težine jer se na taj način koriste prilikom enumeracije. Ukoliko želimo vjerojatnosnu distribuciju mogućih ruku koje drži p, onda normaliziramo cijelu matricu tako da podijelimo svaku vrijednost sa zbrojem svih vrijednosti matrice.

Normalizirane vrijednosti $w\_{p}^{'}[h]$ predstavljaju vjerojatnosti da igrač p drži ruku h (ukoliko znamo njegovu povijest akcija).

Matrica težina se ne podešava s obzirom na matrice ostalih igrača, npr. ukoliko neki igrač vjerojatno ima par aseva u ruci, nećemo na temelju toga smanjivati mogućnost ostalim igračima da imaju par aseva.

No pogreška koja se time uvodi je zanemariva s obzirom na ogromno smanjenje složenosti koje postižemo.

### Frekvencije akcija

Kada zbog igračeve poduzete akcije namještamo njegovu matricu težina važno je znati kako inače igra taj igrač. Ukoliko se radi o vrlo konzervativnom igraču koji jako rijetko podiže ulog, a sad je napravio upravo to onda možemo povećati vjerojatnost da ima neke dobre karte. No s druge strane igračima koji igraju vrlo agresivno nećemo toliko povećavati vjerojatnost da imaju dobre karte.

U početku možemo pretpostaviti da svi protivnici igraju isto, po nekom standardnom modelu koji može biti unaprijed izračunat za prosječnog protivnika. Npr. da predaju sa 20% najlošijih karata, ili ulažu sa 10% najboljih karata. Nakon što igrač poduzme neku akciju na temelju tih standardnih frekvencija podešavamo matricu težina za tog igrača. Ovakav način modeliranja nazivamo generičko modeliranje protivnika.

Ovakav način je u redu za početak kada prvi put igramo s nekim protivnikom, no na duge staze jednostavno nije dovoljno dobar da bi igrao protiv dobrih ljudskih igrača. Stoga uvodimo specifično modeliranje protivnika.

U specifičnom modeliranju protivnika za svakog se igrača pamti koliko je puta poduzeo koju akciju.

Problem kod praćenja statistika je odlučivanje koje sve varijable uzeti u obzir. Mogli bi svrstavati akcije u kategorije pre-flop, flop, turn, river. Nadalje mogli bi svrstavati u kategorije prema tome koliko je ostalo aktivnih igrača za stolom, ili prema tome na kojoj je poziciji promatrani igrač. Nadalje mogli bi svrstavati prema tome koliko je novaca potrebno za praćenj, prema tome da li je igrač već uložio neke novce u pot i još mnoge druge.

Tako broj različitih situacija se penje na tisuće, i bio bi potreban ogroman broj opažanja akcija protivnika da bi mogli izgraditi statistički značajan model njegovog ponašanja za svaku kategoriju.

Postoje tri mogućnosti.

1. Koristimo veliki broj kategorija, iako smo svjesni da će taj model postati koristan tek nakon veliko broja opažanja igre protivnika
2. Koristimo mali broj kategorija za koji smo nekako zaključili da su važne
3. Pomoću strojnog učenja/raspoznavanja uzoraka, svrstavamo protivnike u što manji broj klasa u višedimenzijskom prostoru (svaka dimenzija za jednu kategoriju), te na temelju malog broja opaženih akcija svrstavamo protivnika u jednu od tih klasa

Opcija 1. je prilično nepraktična i ne ponaša se dobro u praktičnim implementacijama. Opcija 3. je očito najbolja, no zahtjeva značajan trud i komplikaciraniji sustav, te se 2. opcija čini kao dobar kompromis.

### Podešavanje matrice težina

Podešavanje težine za bilo koji slučaj se bazira na minimalnoj jačini ruke potrebnoj da bi igrač odigrao na dani način. Minimalna jačina karte se određuje na temelju opažene frekvencije akcija „fold“, „call“ i „raise“ igrača kojeg promatramo. Na temelju tih frekvencija određujemo srednju vrijednost μ i standardnu devijaciju σ minimalne potrebne jačine ruke.

Počinjemo sa nekim relativnim rasporedom ruku po jačini, npr. to može biti IR za preflop ili EHS' za postflop. Sada svaku moguću ruku h uspoređujemo sa μ i σ te određujemo faktor promjenu težine w. Ukoliko je h točno jednaka μ, tada je faktor promjene 0.5, ukoliko je manja od μ-σ tada je faktor 0.01 (zato da niti jedan slučaj ne eliminiramo u potpunosti), a ukoliko je veća od μ+σ tada je faktor promjene 1 (tj. težina ostaje ista). Za sve vrijednosti između μ-σ i μ+σ koristimo linearnu interpolaciju.

#### Pre-Flop podešavanje

Prilikom „pre-flop“ runde nemamo nikakav podatak o vjerojatnosti pobjede, već se ruke rangiraju prema vrijednost IR. Zato moramo μ prebaciti iz postotne vrijednosti u vrijednost koja se može prikazati na IR skali.

Npr. opazili smo da igrač p u 30% slučajeva ulaže u pre-flop rundi. Sada ćemo poredati sve moguće ruke od dvije karte po jačini na neku skalu. Izbrojat ćemo 30% karata brojeći od najjače prema slabijima, i onda odabrati onu ruku koja je najbliža dobivenoj točki. IR vrijednost te ruke će se koristiti kao μ.

Postupak za dobivanje σ nije jednostavan te se obično izabire da je σ neka unaprijed fiksno definirana vrijednost.

#### Post-Flop podešavanje

U „*post-flop*“ rundama, moguće ruke umjesto preme IR raspoređujemo prema EHS'.

σ opet izabiremo unaprijed. Obično se koristi σ=0.2 za μ=0.5, te se σ povećava za manje μ i smanjuje za veće μ. To se radi zato da bi se imitirala pojava da „*loose*“ igrači pokazuju veću dozu nepredvidivosti kod biranja karata s kojima su spremni igrati od „*tight*“ igrača.

# Zaključak

U ovom radu je prikazano jedno rješenje tri osnovna područja pri računalnom igranju pokera: ocjena snage ruke, strategija ulaganja i modeliranje protivnika.

* Snagu ruke ocjenjujemo na temelju enumeracije i simulacije.
* Strategija ulaganja je definirana ekspertnim pravilima.
* Modeliranje protivnika je ostvareno pomoću matrice težina i frekvencije pojedinih akcija.

Sljedeći korak nakon ovog rada bio bi stvarna implementacija ovakvog sustava te testiranje protiv stvarnih protivnika u realnom vremenu. Nakon toga bi se mogle procjeniti performanse sustava te odrediti eventualni ograničavajući faktori.

Iako ovakav sustav ima dobru matematičku i statističku podlogu, nije očito kako bi se ponašao protiv stvarnih protivnika koji se prilagođavaju, uče, i nastoje iskoristiti svaku njegovu pogrešku.

# Literatura

1. Castillo M. L. P., Probabilities and Simulations in Poker, Magistarski rad, University of Alberta, 1999.
2. Richard D., Dealing with Imperfect Information in Poker, Magistarski rad, University of Alberta, 1998.
3. Billings D., Computer Poker; Magistarski rad, University of Alberta, 1995.
4. Sklansky, D., The Theory of Poker, Two Plus Two Publishing, 1999.

# Sažetak

Igre su izazovno područje istraživanja u domeni računarske znanosti. Razlog tome je što obično imaju jasno definiran skup pravila i cilj. Zbog toga je jednostavno uspoređivati uspješnost različitih pristupa rješavanju problema.

Poker ima mali skup jednostavnih pravila, ali je strateški izuzetno složen. Poker je nedeterministička igra sa nepotpunim informacijama. Rukovanje sa nepotpunim i nepouzdanim informacijama važan je problem u računarskoj znanosti, a poker može poslužiti kao izvrsna domena na kojoj bi se ti problemi proučavali. Pristupi donošenju odluka na temelju nepouzdanih informacija razvijeni u pokeru bi se jednog dana mogli primjeniti i na druge domene (npr. ekonomija, marketing i dr.

U ovom radu su predstavljeni neki načini na koji bi se mogli rješiti i implementirati neki temeljni problemi u strojnom igranju pokera. To uključuje procjenu jačine karata u odnosu na skrivene protivnikove karte, odluka o akciji na temelju nepouzdanih informacija, te modeliranje protivnika i prilagodbu igre da bi se iskoristile njegove slabosti.

# Dodatak A



A‑ IR vrijednosti za 7 igrača

# Dodatak B

**Rječnik pojmova**

* **ante:** mali ulog koji su svi igrači obavezni dati prije nego što su karte još podijeljene
* **big blind:** ulog koji daje drugi igrač poslije djelitelja još prije nego što su karte podijeljene, obično je 2 puta veći od „small blind“
* **clubs:** boja karte, na hrvatskom „tref“
* **diamonds:** boja karte, na hrvatskom „karo“
* **effective hand strength (EHS):** vjerojatnost da će ruka na kraju zadnje runde biti najjača na cijelom stolu, uključuje jačinu ruke i potencijal ruke
* **expected value (EV):** očekivana vrijednos akcije u novcu, odnosno očekivani dobitak ili gubitak koji će nam donjeti akcija
* **field array:** prosjek normaliziranih matrica težina svih igrača
* **hearts:** boja karte, na hrvatskom „herc“
* **incom rate (IR):** prosječna zarada odnosno gubitak u pojednostavljenoj simulaciji gdje svi igrači igraju sve karte na isti način
* **loose:** Igrač koji igra više ruku, rijeđe odustaje i ulaže više novaca. Suprotno od „tight“
* **matrica težina:** Dio modela protivnika koji se koristi u algoritmima za ocjenu jačine i potencijala ruke. Za svaku moguću kombinaciju karata koje protivnik drži, u matrici se čuva težina. Ta težina otprilike predstavlja vjerojatnost da bi igrač odigrao na taj način, ako znamo da drži dane karte u ruci.
* **pot:** ukupni novac uloga svih igrača tijekom jedne ruke. Igrač koji na kraju ima najjaču ruku dobiva ovaj novac
* **pot odds:** Omjer novca koji je dosad uložen u pot i veličine uloga potrebnog da bi igrač pratio
* **preflop:** Runda dok su svakom igraču podijeljene njegove karte, ali još nisu nikakve karte podijeljene na stol
* **postflop:** sve runde u kojima su neke karte na stolu, dakle: „flop“, „turn“, „river“
* **slowplaying:** Način igre kada igrač jaku ruku igra kao da je slaba. Npr. igrač samo prati tuđe uloge umjesto da podigne ulog. Obično se radi s razlogom da se zavara protivnike da oni sami ulože više novaca u pot.
* **small blind:** ulog koji daje prvi igrač poslije djelitelja, još prije nego su karte podijeljene
* **spades:** boja karte, na hrvatskom „pik“
* **tight:** Igrač koji igra manje ruku, češće odustaje i ulaže manje novaca. Suprotno od „loose“
* **zero sum:** odnosi se na situaciju u kojoj je dobitak odnosno gubitak jednog sudionika točno izjednačen gubitcima odnosno dobitcima ostalih sudionika