Ilija Domislović, 0036490481

David Trojko, 0036492701

**Blackjack** **- ekspertni sustav**

## Uvod

Blackjack je kartaška igra dostupna u mnogim kockarnicama. Igrači ne igraju jedan protiv drugog nego igraju protiv kockarnice koju predstavlja djelitelj karata. Blackjack je igra slučaja. Zanimljivost je da postoji javno dostupna strategija s kojom se prednost kockarnice minimizira. U ovom dokumentu opisana je igra Blackjack i prezentirana su dva bota koja koriste različite strategije za minimiziranje prednosti kockarnica.

## Kartaška igra Blackjack

Blackjack je američka verzija igre dvadeset jedan. U igri se koriste francuske karte. Jedan skup karata ima 52 karte. Karte su podijeljene u 4 boje: tref (fra. *trèfles*), pik (fra. *piques*), srce (fra. *cœurs*) i karo (fra. *carreaux*). Svaka boja sadrži 13 karata: As, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, J, Q i K. Blackjack se u kockarnicama može igrati sa do 8 skupova karata čime se smanjuje vjerojatnost pobjede za igrača.

### Pravila igre

Blackjack je igra na sreću koja se igra za novac. Za jednim stolom može igrati više igrača. Igrač može tako dugo igrati dok ima dovoljno novca da napravi ulog. Nakon što svi igrači naprave ulog djelitelj svakom igraču dodjeli dvije karte i dvije karte dodjeli sebi. Jedna njegova karta je okrenuta prema gore, a jedna prema dolje.

Cilj svakog igrača je da zbroj njegovih karata bude veći od zbroja karata djelitelja, a da zbroj karata prelazi 21. Vrijednosti karata su sljedeće: vrijednost karte s brojem je jednaka broju koji na karti piše, K, Q i J imaju vrijednost 10 i As može imati vrijednost 1 ili 11. As ima vrijednost 11 ako je zbroj svih ostalih karti u ruci manji ili jednak 10, ako je zbroj veći od 10 As ima vrijednost 1. U situaciji kad igrač ima u ruci Asa koji vrijedi 11 to se zove meki zbroj (eng. *soft hand*), sve ostale ruke se zovu tvrdi zbroj (eng. *hard hand*).

Način na koji djelitelj igra Blackjack ovisi o kockarnici. Postoji dva različita načina na koji igra djelitelj. U slučaju kad djelitelj ima meki zbroj karata 17, mora uzeti još jednu kartu ili mora završiti rundu. Ostatak se igra jednako. Kad je zbroj karata manji ili jednak 17 djelitelj mora uzeti još jednu kartu. Kad je zbroj karata veći ili jednak 18 djelitelj mora završiti rundu.

Nakon što igrač dobije svoje dvije karte može napraviti jedan od sljedećih poteza: zatražiti kartu (eng. *Hit*), završiti rundu (eng. *Stand*), udvostručiti ulog (eng. *Double down*), podijeliti par (eng. *Split*) i odustati (eng. *Surrender*).

Igrač može zatražiti kartu i djelitelj će mu dodijeli jednu novu kartu. Ako je novi zbroj karata veći od 21 igrač gubi rundu. Signal za dodavanje karte je tapkanje po stolu.

Igrač koji je završio rundu, on čeka da djelitelj sebi dodijeli karte. Nakon toga se uspoređuje zbroj karata. Signal za završetak runde je horizontalno mahanje ruke.

Igraču koju udvostruči ulog djelitelj će dodijeli još jednu kartu i runda za igrača će završena. Nakon što djelitelj dodijeli karte sebi, zbroj karata se uspoređuje. Signal je dodavanje naloga.

Kad igrač ima samo dvije karte iste vrijednosti može ih razdvojiti u dvije odvojene ruke. Za svaku kartu djelitelj igraču dodijeli još jednu kartu. Za svaku ruku igrač zatim odigra rundu. Ruke su odvojene i ako pobijedi ili izgubi s prvom rukom to ne utječe na drugu ruku. U nekim kockarnicama je moguće podijeliti par ako su vrijednosti karata iste, dok u drugima samo ako su karte istog ranga. Signal je dodavanje naloga i stavljanje dva prsta u obliku slova *V* na stol.

Kad igrač odustane od runde, runda završava i igrač dobiva pola svog naloga natrag. Ovaj potez je moguć samo kad igrač ima dvije karte. Ovaj potez nema predefinirani signal

U slučaju kad igrač u prve dvije karte ima zbroj 21, a djelitelj nema zbroj karata 21, igrač dobiva 1.5 vrijednost svog uloga.

## Botovi

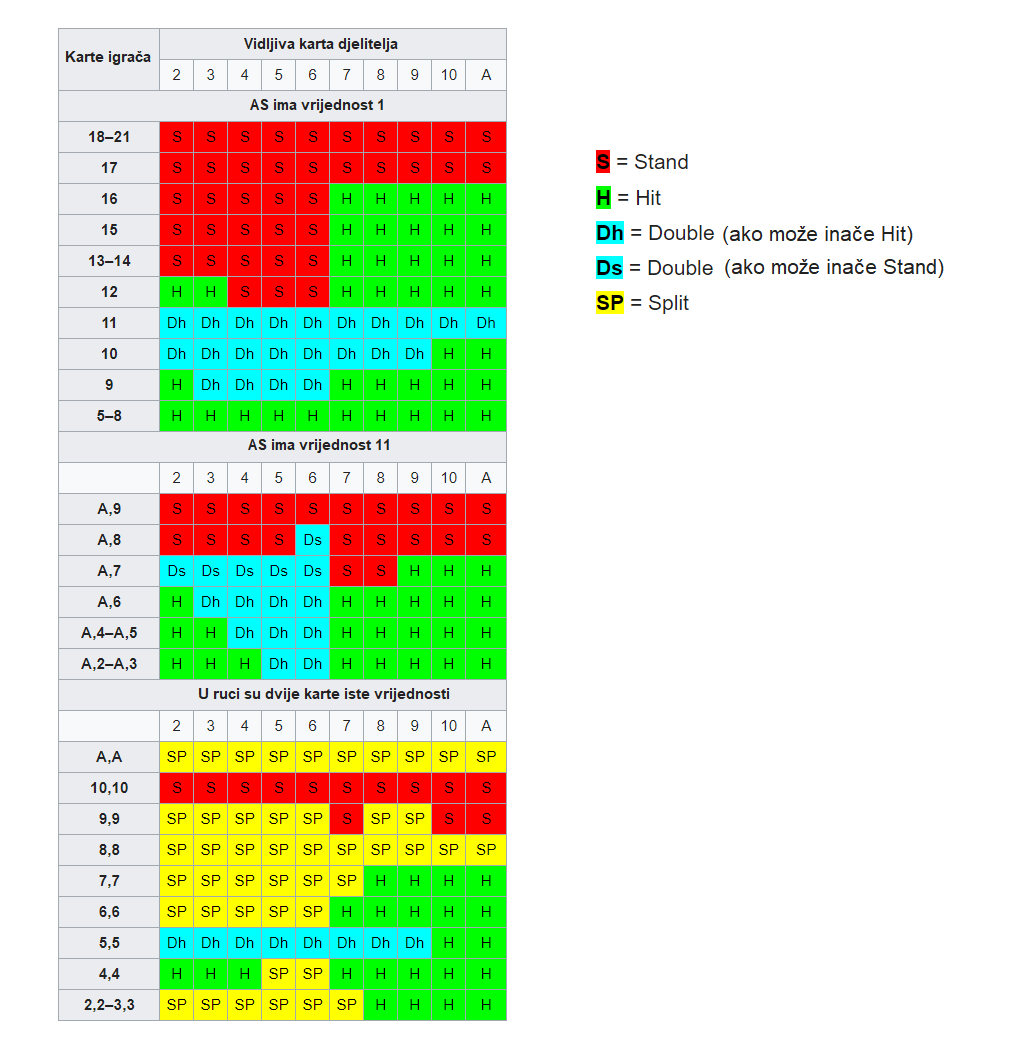
Za usporedbu načina stvaranja ekspertnog sustava napravljena su dva bota. Jedan bot je dobio znanje kako igrati Blackjack od eksperta, a drugi je naučio sam igrati Blackjack uz pomoć statistike. Za realizaciju botova korišten je konačni automat pomoću kojeg bot za bilo koju situaciju može donijeti odluku. Jedno stanje u automatu je predstavljeno s četiri vrijednosti: zbroj karata igrača, vrijednost karte okrenute prema gore od djelitelja, vrijednost koja označava ima li igrač Asa koji vrijedi 11 i vrijednost koja kaže ima li igrač samo dvije karte koje imaju jednaku vrijednost.

## Ekspert

Danas se optimalna strategija za igranje Blackjacka može jednostavno pronaći. Čak se optimalna strategija može koristiti u kockarnicama gdje se i ta strategija može kupiti. Razvoj optimalne strategije započeo je 1956. izdavanjem članka *"THE OPTIMUM STRATEGY IN BLACKJACK"* [1]. To je prva literatura koja je koristila matematiku za pronalazak rješenja. Strategija je dobivena pomoću teorije vjerojatnosti.

je očekivanje igrača koji će dobit jednu kartu. je očekivanje da igrač ima vrijednost karata x. je zbroj karata djelitelja. je zbroj karata igrača nakon što dobi još jednu kartu.

Nakon toga su se razvile razne strategije koje su prilagođene načinu igranja djelitelja, broju skupova karata u igri, dozvoljenim potezima igrača. U ovom sustavu koristi se strategija za: jedan skup karata, djelitelj igra na meki broj 17 i igrač ne može odustati.



Slika 1 Potezi ekspert bota ovisno o stanju u kojem se nalazi

## Monte Carlo metode

Za realizaciju automata kojeg koristi drugi bot korišten je algoritam koji pripada skupini Monte Carlo metoda. Monte Carlo metode su algoritmi koji koriste nasumično uzorkovanje kako bi se procijenili nepoznati parametri. U ovom sustavu nepoznati parametar je potez koji bot mora napraviti ako zna vrijednosti svojih karata i vrijednost jedne od karata djelitelja.

Svaka runda Blackjacka može završiti na jedan od tri načina: igrač pobjeđuje, djelitelj pobjeđuje i nitko ne pobjeđuje. Situaciju u kojoj nitko ne pobjeđuje možemo ignorira jer igrač niti gubi niti dobiva novac. Bot korišten u ovom sustavu može napraviti jedan od četiri poteza: zatražiti kartu, završiti rundu, udvostručiti ulog i podijeliti par. Da bi doznali koji potez će donijeti najviše pobjeda, može se igrati tisuće rundi Blackjacka i zabilježiti koliko puta je koji potez doveo do pobjede i koliko puta je doveo do gubitka.

Za stvaranje konačnog automata korišten je sljedeći algoritam:

Najprije se svakom stanju dodaju četiri vrijednosti. Svaka vrijednost predstavlja uspjeh pojedinog poteza. Svaki potez inicijalno ima vrijednost 0. Ako stanje nema samo par istih karata, tada potez **podijeliti par** poprima minimalnu moguću vrijednost jer taj potez inače krši pravila igre. Zatim sustav odigra 1 milijun rundi Blackjacka.

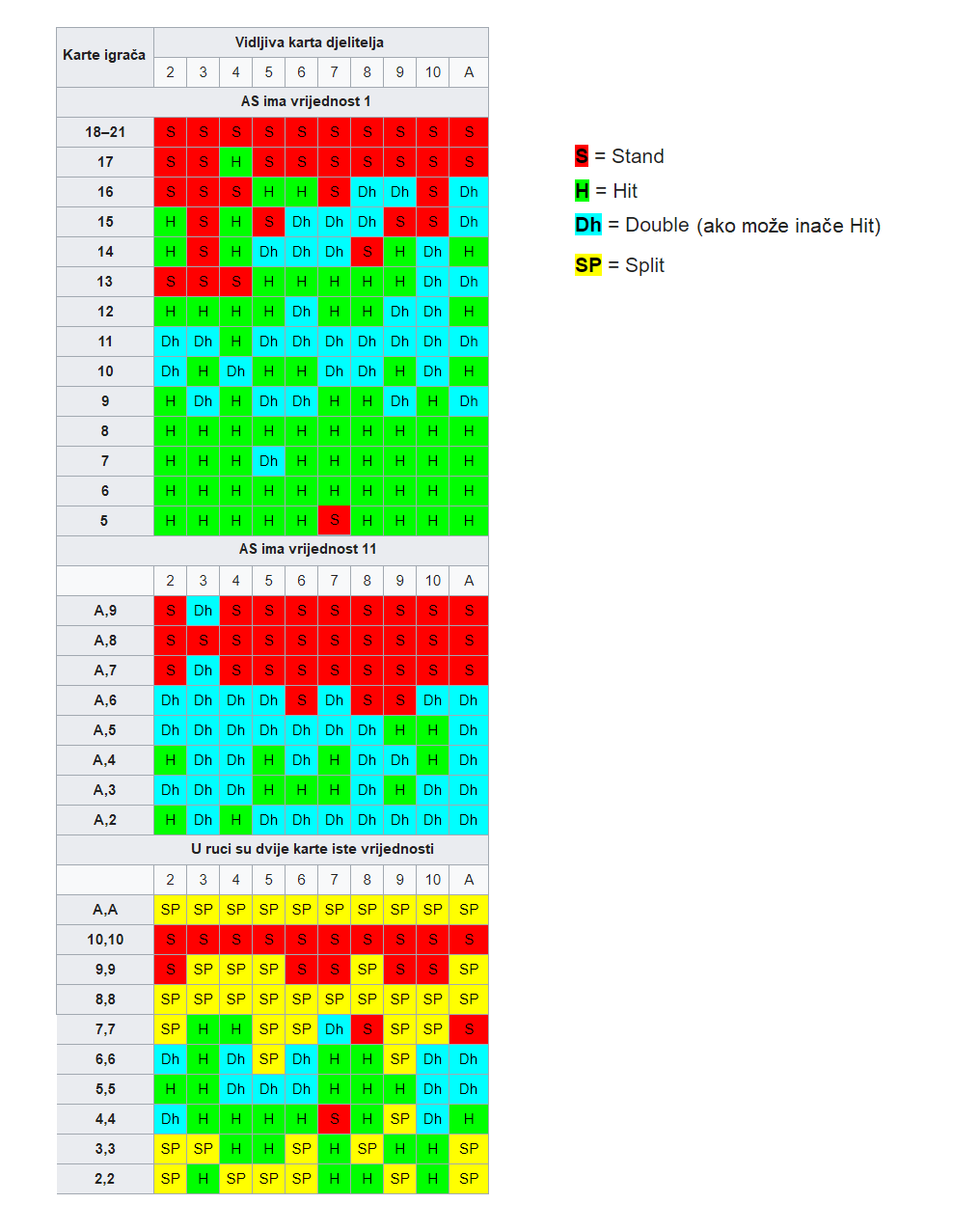
Kako bi se odlučilo koji će se potez napraviti tijekom runde radi se slučajan izbor. Svaki potez ima određenu vjerojatnost da bude izabran, s tim da potez koji u tom stanju ima najveću vrijednost ima najveću vjerojatnost da bude izabran.

je parametar algoritma koji određuje kolika je vjerojatnost da će biti izabran potez koji nema najveću vrijednost za to stanje. Nakon svake runde se smanjuje za faktor dok ne poprimi vrijednost . U ovom sustavu je 0.1 , je 0.9999 i je 0.05.

Formula se izvodi za svako stanje koje je tijekom runde posjetilo počevši od prvog. je stopa učenja i ona određuje koliko se vrijednosti poteza mogu mijenjati. Zadnji potez u rundi donosi nagradu. Nagrada može biti vrijednost: -1, 0 i 1. je nagrada zadnjeg poteza. Zadnji potez ima najveći utjecaj na nagradu, a ostali potezi imaju manji utjecaj na nagradu ovisno o tome koliko poteza prije završnog poteza su se dogodili. je osnovna stopa smanjenja utjecaja poteza na nagradu, a je faktor smanjenja ovisno o tome koliko je potez daleko od zadnjeg. U ovom sustavu je 0.9.

Nakon što sve runde završe provodi se ažuriranje vrijednosti konačnog automata. Potez koji ima najveću vrijednost za stanje će se dodijeliti tom stanju u konačnom automatu.

Na slici mogu se vidjeti rezultati dobiveni izvođenjem algoritma.



Slika 2 Potezi Monte Carlo bota ovisno o stanju u kojem se nalazi

## Izvedba

Sustav je napravljen u programskim jezika Python. Za realizaciju sustava korištene su biblioteke: wxPython i numpy. wxPython je korišten za realizaciju grafičkog sučelja, a numpy je korišten za treniranje bota Monte Carlo. Sustav se sastoji od tri dijela: datoteke Blackjack.exe, datoteke bot.p i direktorija cards. Blackjack.exe je datoteka koja sadrži sve Python skripte koje su korištene za realizaciju sustava, datoteka bot.p sadrži konačni automat kojeg bot Monte Carlo koristi za donošenje odluka, a cards je direktorij koji sadrži slike svih karata koje se prikazuju putem grafičkog sučelja.



Slika 3 Grafičko sučelje sustava

U gornjem lijevom kutu nalaze se opcije sustava. Igrač može izabrati protiv kojeg bota će igrati i može ponovo započeti igru. Ispod toga nalazi se korisnički dio grafičkog sučelja gdje igrač odabire svoj sljedeći potez. Na tom djelu sučelja igrač može vidjeti koje sve karte posjeduje. U sredini grafičkog sučelja nalaze se karte djelitelja. U gornjem lijevom kutu se nalaze informacije o trenutnom stanju igre. Ispod toga se nalazi dio sučelja gdje se mogu vidjeti karte bota.

## Literatura

[1] Baldwin, Roger R., et al. “The Optimum Strategy in Blackjack.”*Journal of the American Statistical Association*, vol. 51, no. 275, 1956, pp. 429–439. *JSTOR*, www.jstor.org/stable/2281431. [Pristupljeno 17. siječnja. 2020.]

[2] Medium. (2020).“*Learning To Win Blackjack With Monte Carlo Methods*.“ https://towardsdatascience.com/learning-to-win-blackjack-with-monte-carlo-methods-61c90a52d53e [Pristupljeno 17. siječnja. 2020.].

[3] Blackjackapprenticeship.com. (2020).“*How To Play Blackjack“*. https://www.blackjackapprenticeship.com/how-to-play-blackjack/ [Pristupljeno 17. siječnja. 2020.].