

Završni ispit iz Umjetne inteligencije (ak. god. 2019./2020.)

Ispit se sastoji od **20 pitanja** i ukupno nosi **32 boda**. Teorijska pitanja nose po 1 bod (1/3 boda oduzima se za pogrešan odgovor), dok problemski zadatci nose po 3 boda (1 bod oduzima se za pogrešan odgovor). Trajanje ispita je **120 minuta**. Primjerak ispita morate predati zajedno sa svojim rješenjima.

Dio A: Teorijski zadatci (14×1 bod = 14 bodova)

- 1** Razmatramo Rosenblattovo pravila učenja perceptrona. Neka je t ciljna vrijednost neurona, a o izlazna vrijednost neurona). **Kako glasi izlaz za korekciju težina?**

- ☐ A $w(i+1) = w(i) - \eta(t - o)w(i)$
☐ B $w(i+1) = w(i) + \eta(t - o)x(i)$
☐ C $w(i+1) = w(i) - \eta(t - o)x(i)$
☐ D $w(i+1) = w(i) - \eta(t + o)x(i)$

- 2** Za križanje su odabrani kromosomi K1=101100 i K2=010100. Ako se uslijed mutacije promijeni zadnji bit, a kromosomi se cijepaju po pola, **koji je kromosom rezultat križanja?**

- ☐ A 111100 ☐ B 111000 ☐ C 010100 ☐ D 010101

- 3** Što je nedostatak primjene Bayesove sheme za prikaz neizvjesnosti znanja?

- ☐ A shema nije teorijski utemeljena
☐ B zaključivanje se temelji na abdukciji
☐ C treba definirati velik broj vjerojatnosti
☐ D ne postoji način kombiniranja neizvjesnosti

- 4** Treniramo model stabla odluke na skupu podataka u kojemu, nažalost, ima i nešto šuma. Svjesni smo da prisustvo šuma može dovesti do prenaučivosti modela, pa smo odlučili primijeniti unakrsnu provjeru da bismo podrezali stablo odluke. Skup označenih primjera podijelili smo na skup za učenje D_u i skup za provjeru D_p , tako da $D_u \cap D_p = \emptyset$. Sada isprobavamo nekoliko različitih dubina stabla, od $d = 1$ do $d = 42$. Ispitivanjem pogreške tih stabala različite dubine, zaključili smo da je optimalna dubina stabla $d = 17$. **Što to konkretno znači?**

- ☐ A da stablo za $d = 17$ ostvaruje najmanju pogrešku na skupu D_u , dok na skupu D_p stablo ostvaruje uvijek veću pogrešku, s maksimumom pogreške za $d = 1$
☐ B da su pogreške za stabla sa $d = 16$ i $d = 18$ veće i na skupu D_u i na skupu D_p , s time da su na skupu D_p očekivano veće nego na skupu D_u
☐ C da je pogreška na skupu D_p za stablo sa $d = 17$ veća od pogreške za isto to stablo na skupu D_u , ali veća od pogreške za bilo koju drugu dubinu stabla d na skupu D_p
☐ D da je pogreška na skupu D_p za stablo sa $d = 17$ manja od pogreške na D_p za $d < 17$ i $d > 17$, ali očekivano ta je pogreška na D_p veća od pogreške na skupu D_u

- 5** Razmatramo četiri Booleove funkcije od dvije varijable: $f_1(A, B) = \bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$, $f_2(A, B) = \bar{A} \cdot \bar{B} + A \cdot B$, $f_3(A, B) = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + A \cdot B$, $f_4(A, B) = (\bar{A} + \bar{B}) \cdot (A + B)$. Ako logičke vrijednosti varijabli A i B te vrijednost Booleove funkcije kodiramo brojevima 0 i 1 (ovisno o logičkoj vrijednosti) pa funkcije pokušamo naučiti prikladnim TLU-perceptronom, **koje ćemo funkcije uspjeti naučiti?**

- ☐ A $f_1(A, B)$ i $f_3(A, B)$ ☐ B sve ćemo ih moći naučiti ☐ C $f_2(A, B)$ i $f_4(A, B)$ ☐ D $f_1(A, B)$ i $f_4(A, B)$

- 6 U ovom pitanju razmatramo razliku između funkcije dobrote i funkcije kazne kod optimizacijskih problema. Genetskim algoritmom tražimo maksimum funkcije $f(x)$. **Što od sljedećeg može biti funkcija dobrote?**
- ☐ A $-2f(x)$ ☐ B $-f(x)f(x)$ ☐ C $-f(x)$ ☐ D $f(x)/2$
- 7 Ako kod algoritma Ant System postavimo τ_0 na vrijednost koja je puno manja od količine feromonskih tragova koju deponira jedan mrav, **što će biti posljedica?**
- ☐ A isparavanje feromonskih tragova će biti preveliko
☐ B algoritam će dugo vremena istraživati nasumične puteve, prije no što ga mravi uspiju fokusirati
☐ C algoritam će izgubiti mogućnost istraživanja kvalitetnih rješenja
☐ D algoritam će rapidno konvergirati prema globalnom optimumu
- 8 Kod algoritma Mravlji sustav (engl. *Ant System*), **što označavamo oznakom η ?**
- ☐ A stopu učenja ☐ B vrijednost heurističke funkcije ☐ C afinitet rješenja ☐ D jačinu feromonskog traga
- 9 Telekomunikacijska kompanija želi zaraditi još više, pa su u kompaniji odlučili analizirati korisnike kako bi im se dale ponude koje ne mogu odbiti. U kompaniji znaju da postoje različite vrste korisnika, međutim ne znaju koliko različitih skupina postoji niti po čemu se one zapravo razlikuju. **Koji bi pristup strojnog učenja bio prikladan za njihov problem?**
- ☐ A nadzirano učenje, i to regresija, jer skup podataka nije označen, pa je potrebno grupirati numeričke značajke kako bi se otkrile grupe korisnika sličnog ponašanja
☐ B nadzirano učenje, i to klasifikaciju, jer je korisnike potrebno razvrstati u segmente po značajkama koje kompanija može pribaviti iz svog CRM-a
☐ C nenadzirano učenje, i to grupiranje, jer se ne zna koje su moguće vrste korisnika niti ne postoji skup podataka označen s vrstama korisnika
☐ D nadzirano učenje, i to regresija, jer će neke značajke sigurno biti numeričke, npr. mjesečna potrošnja korisnika
- 10 Genetskim algoritmom traži se optimum funkcije $f(x, y)$. Koristi 5 bitni kromosom (prva dva bita za varijablu x i druga tri za y). Obje varijable su na intervalu $[0, 3]$. **Kojem rješenju odgovara kromosom 01010, ako je korišteno binarno kodiranje?**
- ☐ A $x = 2, y = 1/2$ ☐ B $x = 1, y = 5/2$ ☐ C $x = 2, y = 2$ ☐ D $x = 1, y = 6/7$
- 11 Koristimo Bayesovu shemu za sustav događaja sa m hipoteza. U nazivniku Bayesovog pravila nalazi se vjerojatnost dokaza, $P(E)$. **Kako možemo raspisati tu vjerojatnost?**
- ☐ A $\sum_{k=1}^m P(E|H_k)P(H_k)$
☐ B $\prod_{k=1}^m P(H_k|E)P(E|H_k)$
☐ C $\sum_{k=1}^m P(H_k|E)P(E|H_k)$
☐ D $\prod_{k=1}^m P(E)P(H_k)$
- 12 Klasična logika temelji se na klasičnoj teoriji skupova, a neizrazita logika na teoriji neizrazitih skupova. Razlika nastupa kod nekih aksioma klasične logike, koji ne vrijede u neizrazitoj logici. Npr., u neizrazitoj logici ne vrijedi **pravilo isključenja trećega**. **Zašto u neizrazitoj logici to pravilo ne vrijedi?**
- ☐ A zato što vrijedi $\mu(A) > \mu(\neg A)$ i $\mu \in [0, 1]$, iz čega slijedi da, za neke μ , vrijedi $\max(\mu, 1 - \mu) \in [0, 1]$
☐ B zato što općenito ne mora vrijediti $\min(\mu, 1 - \mu) > 0$, jer neizraziti skup ne mora pokrivati cijeli univerzalni skup, tj. imati $\mu > 0$ za svaki element
☐ C zato što općenito ne mora vrijediti $\max(\mu, 1 - \mu) = 1$, već to ovisi o definiciji neizrazitog skupa, odnosno njegovoj funkciji pripadnosti
☐ D zato što unija (operacija "ili") uvijek daje neizraziti skup čija funkcija pripadnosti ima veće vrijednosti od funkcija pripadnosti oba izvorna skupa, neovisno o njihovim definicijama

13 Za genetski algoritam koristimo proporcionalnu selekciju (engl. *Roulette Wheel Selection*). Što od sljedećeg nužno mora biti zadovoljeno?

- ☐ A ne smije biti jedinki s negativnim iznosima funkcije dobrote
- ☐ B suma iznosa funkcija dobrota svih jedinki mora iznositi 1
- ☐ C mora se koristiti binarna reprezentacija rješenja
- ☐ D iznosi funkcije dobrote moraju biti ograničeni na interval $[0, 1]$

14 Primjenom standardnih (Zadehových) neizrazitih operacija i jezičnih modifikatora konstruirali smo neizraziti skup “*vrlo jak klokan*”. Klokan Roger, najjači australski klokan, koji je od starosti preminuo 2018. godine, tom skupu pripada sa $\mu = 0.9$. Primjenom istih operatora i modifikatora konstruirali smo neizraziti skup “*ne jak klokan*”. Koja je pripadnost klokana Rogera tom neizrazitom skupu?

- ☐ A $(1 - 0.9)^2$ ☐ B $1 - 0.9^2$ ☐ C $1 - \sqrt{0.9}$ ☐ D $\sqrt{1 - 0.9^2}$

Dio B: Problemski zadatci (6×3 boda = 18 bodova)

15 Raspoložemo skupom primjera za “*Nezaboravno jadransko ljeto 2025., odmah nakon pandemije koronavirusa*”. Skup se sastoji od sljedećih primjera, svaki sa 4 značajke (Mjesto, Otok, Smještaj, Prijevoz) i ciljnom oznakom y :

i	Mjesto	Otok	Smještaj	Prijevoz	y
1	Istra	ne	privatni	auto	da
2	Istra	ne	privatni	avion	da
3	Dalmacija	da	hotel	auto	da
4	Dalmacija	da	hotel	bus	da
5	Kvarner	ne	kamp	bus	ne
6	Dalmacija	da	privatni	avion	ne
7	Istra	ne	kamp	auto	ne

Za ovaj skup primjera izgradite stablo odluke algoritmom ID3. U slučaju da je u nekom koraku više značajki ima jednaku vrijednost informacijske dobiti, izaberite koja je u tablici navedena prva (ona ljeviya). **Kako izgleda dobiveno stablo odluke?**

- ☐ A korijenski čvor stabla je Mjesto, a njegovo dijete je čvor Smještaj s informacijskom dobiti 0.918
- ☐ B korijenski čvor stabla je Mjesto, a njegovo dijete je čvor Smještaj s informacijskom dobiti 0.251
- ☐ C korijenski čvor stabla je Smještaj, a njegovo dijete je čvor Mjesto s informacijskom dobiti 0.918
- ☐ D korijenski čvor stabla je Smještaj, a njegovo dijete je čvor Mjesto s informacijskom dobiti 0.251

16 Raspoložemo sljedećim skupom primjera za “*Vraški dobar znanstvenofantastični film*”:

i	Mjesto radnje	Glavni lik	Vrijeme radnje	y
1	svemir	znanstvenica	sadašnjost	da
2	svemir	kriminalac	budućnost	da
3	Zemlja	dijete	budućnost	da
4	svemir	znanstvenica	sadašnjost	ne
5	Zemlja	kriminalac	prošlost	ne
6	drugdje	dijete	budućnost	ne

Zanima nas klasifikacija novog holivudskog blokastera sa Reese Whitterspoon:

(svemir, dijete, prošlost)

Za klasifikaciju koristimo naivan Bayesov klasifikator, i to na dva načina: (1) s Laplaceovim zaglađivanjem “dodaj jedan” i (2) bez zaglađivanja. **Odredite MAP klasifikaciju ovog primjera** za slučajeve kada se zaglađivanje koristi i kada se ono ne koristi.

- ☐ A u oba slučaja MAP klasifikacija je $y = da$
- ☐ B u oba slučaja MAP klasifikacija je $y = ne$
- ☐ C bez zaglađivanja MAP klasifikacija je $y = da$, a sa zaglađivanjem MAP klasifikacija je $y = ne$
- ☐ D bez zaglađivanja MAP klasifikacija je $y = ne$, a sa zaglađivanjem MAP klasifikacija je $y = da$

- 17 Skup primjera za učenje $\{(x_2, x_1, y)\}$ je sljedeći:

$$\{(1, 1, -1), (2, 4, 1), (1, 2, -1), (3, 3, 1), (2, 1, -1), (4, 2, 1)\}$$

Učenje se provodi uporabom perceptrona TLU s izlaznim vrijednostima -1 i 1 te stopom učenja $\eta = 1$. Početne vrijednosti težinskih faktora su $(w_2, w_1, w_0) = (1.3, 1.2, -3.2)$. Provedite postupak učenja uporabom Rosenblattovog algoritma. **Koliko se puta tijekom učenja provode korekcije težina te koje su njihove konačne vrijednosti?**

- ☐ A 2 puta, $(3.3, 2.8, -10)$
☐ B 4 puta, $(5.5, -1.5, 10)$
☐ C postupak ne konvergira
☐ D 3 puta, $(1.3, 1.2, -5.2)$
- 18 Unaprijedna potpuno povezana umjetna neuronska mreža arhitekture $2 \times 2 \times 1$ izgrađena je od neurona sa sigmoidnom prijenosnom funkcijom. Koristeći oznake s predavanja, težine u mreži su:

$$w_{0,1}^{(1)} = -1, w_{1,1}^{(1)} = 0.1, w_{2,1}^{(1)} = 1, w_{0,2}^{(1)} = 0.5, w_{1,2}^{(1)} = 2, w_{2,2}^{(1)} = -1, w_{0,1}^{(2)} = -0.4, w_{1,1}^{(2)} = -2, w_{2,1}^{(2)} = 1$$

Mreža algoritmom propagacije pogreške unatrag treba naučiti da za primjer $(x_1, x_2) = (1, 2)$ treba na izlazu generirati vrijednost 1 . Uz pretpostavku da je iznos stope učenja jednak 10 , **odredite vrijednost težine $w_{2,2}^{(1)}$ nakon jedne iteracije algoritma.** (Ovisno o tome koliko ste precizno računali sve vrijednosti, pri usporedbi s ponuđenim opcijama razmotrite barem prvu decimalu.)

- ☐ A -0.37 ☐ B -1.61 ☐ C -1.22 ☐ D -0.52
- 19 Minimum funkcije

$$f(x, y, z) = (x - 5)^2 + (y + 2)^2 + (z + 3)^2 + xy$$

pronalazi se genetskim algoritmom ostvarenim u obliku troturnirske selekcije. Svaka varijabla je pri tome ostvarena s 2 bita te se pretražuje cjelobrojno područje: x iz intervala $[0, 3]$, a y i z iz intervala $[-1, 2]$. U kromosomu najprije dolaze bitovi od x , pa od y , pa od z . U jednom koraku odabrana su tri kromosoma:

$$K1 = 000101, K2 = 001011, K3 = 100001$$

Kao funkcija dobrote koristi se negirana funkcija f , dakle dobrota od (x, y, z) je jednaka $-f(x, y, z)$. Koristi se križanje s jednom točkom prijeloma na polovici kromosoma. **Izračunajte dobrotu djeteta koje će biti vraćeno u populaciju.** Pretpostavite da prilikom križanja mutacija uvijek promijeni zadnji bit kromosoma (onaj najdesniji). Ako operator križanja generira više djece, u populaciju će se vratiti najbolje od generirane djece.

- ☐ A -4 ☐ B -19 ☐ C -25 ☐ D -17
- 20 Problem trgovačkog putnika rješava se algoritmom Ant System. Udaljenosti između gradova su sljedeće:

$$d_{4,5} = d_{5,6} = d_{5,7} = d_{6,9} = d_{9,4} = 1, d_{6,10} = d_{7,8} = d_{10,4} = 2, d_{6,8} = d_{8,4} = 3, d_{7,9} = 4, d_{7,10} = 5$$

Ostali gradovi međusobno nisu povezani. Za algoritam Mravlji sustav poznato je i sljedeće:

$$\tau_{4,5} = \tau_{5,6} = \tau_{6,10} = 1/2, \tau_{5,7} = 1/4, \tau_{6,8} = 1/5, \tau_{6,9} = 1/3, \tau_{7,8} = 1/(2\sqrt{2}), \tau_{7,9} = 1/(3\sqrt{2}), \tau_{7,10} = 1/(5\sqrt{2})$$

$$\eta_{4,5} = 3\sqrt{3}, \eta_{5,6} = 2\sqrt{3}, \eta_{6,10} = 2\sqrt{5}, \eta_{5,7} = 4\sqrt{2}, \eta_{6,8} = 5\sqrt{3}, \eta_{6,9} = 3\sqrt{2}, \eta_{7,8} = 2\sqrt{10}, \eta_{7,9} = 6, \eta_{7,10} = 5\sqrt{6}$$

Vrijedi $d_{i,j} = d_{j,i}$, $\tau_{i,j} = \tau_{j,i}$ te $\eta_{i,j} = \eta_{j,i}$. Stopa isparavanja neka je $\rho = 0.6$, koeficijent $\alpha = 2$ i koeficijent $\beta = 2$. Mrav konstrukciju staze započinje u gradu 4 i iz njega odlazi u grad 5 . Vaš je zadatak odrediti ostatak staze koju će mrav konstruirati. Pretpostavite da je prilikom uporabe generatora slučajnih brojeva rezultat svaki puta takav da mrav odabire put najmanje vjerojatnosti te da izbjegava cikluse (bridovi koji vode k ciklusu ne utječu na vjerojatnost odabira sljedećeg grada). **Kojim će putem proći mrav?**

- ☐ A $6 \rightarrow 8$ ☐ B $6 \rightarrow 9$ ☐ C $9 \rightarrow 4$ ☐ D $7 \rightarrow 10$

		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
-----	+	-----																			
Grupa A		B	D	C	D	A	D	C	B	C	D	A	C	A	C	C	B	D	A	D	A