Veštačka inteligencija

Predrag Janičić Mladen Nikolić

VEŠTAČKA INTELIGENCIJA

Beograd
2021.

Glava 1

Pitanja i zadaci za proveru znanja

1.1 Uvod

Pitanja

1.1. *Šta je predmet izučavanja veštačke inteligencije?*

1.2. *Kojim problemima se bavi veštačka inteligencija?*

1.3. *Koja decenija se smatra decenijom nastanka veštačke inteligencije?*

1.4. *Ko je i kada skovao naziv ove oblasti?*

1.5. *U čemu je razlika između pristupa uske i opšte veštačke inteligencije?*

1.2 Rešavanje problema korišćenjem pretrage

1.6. *Navesti najčešće faze rešavanja problema problema korišćenjem pretrage.*

1.7. *Navesti opšte elemente problema pretrage.*

1.8. *Kako se, prema dostupnosti informacija koje mogu pomoći u pronalaženju ciljnog stanja u toku pretrage, dele problemi pretrage?*

1.3 Neinformisana pretraga

1.4 Informisana pretraga

1.9. *Kako se naziva algoritam pretrage koji uvek bira lokalno optimalne akcije?*

1.10. *Šta, umesto globalnog ekstremuma, pohlepna pretraga može vratiti kao rezultat?*

1.11. *Šta je* plato *u problemima pretrage?*

1.12. *Šta, za razliku od Dejkstrinog algoritma, algoritam A* uzima u obzir?*

1.13. *Kada se algoritam A* ponaša isto kao Dejkstrin algoritam?*

1.14. *Da li je algoritam A* opštiji od Dejkstrinog algoritma? Da li je Dejkstrin algoritam opštiji od algoritma A*?*

1.15. *Čemu je jednaka vrednost $f(n)$ koja se u algoritmu A* pridružuje čvoru n?*

1.16. *Da li se tokom primene algoritma A*, može promeniti vrednost $g(n)$ za čvor n? Da li se tokom primene algoritma A*, može promeniti vrednost $h(n)$ za čvor n? Da li se tokom primene algoritma A*, može promeniti vrednost $f(n)$ za čvor n?*

1.17. *Kako se zove skup iz kojeg se u glavnoj petlji algoritma A* bira tekući čvor?*

1.18. *Koji čvor se, tokom primene algoritma A*, prvi dodaje u listu otvorenih čvorova?*

1.19. *Da li je, na samom početku primene algoritma A*, lista zatvorenih čvorova prazna?*

1.20. *Kada se, tokom primene algoritma A*, u listu zatvorenih čvorova dodaje novi element?*

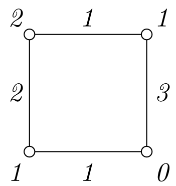
1.21. *Ako se tokom primene algoritma A* ispituje tekući čvor i naiđe na njegov susedni čvor v koji nije u zatvorenoj listi, ali jeste u otvorenoj listi, šta treba uraditi?*

1.22. *Da li je na kraju primene algoritma A* lista otvorenih čvorova nužno prazna?*

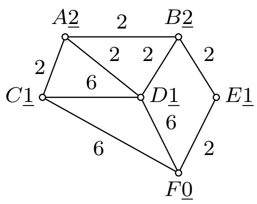
1.23. *Da li je na kraju primene algoritma A* lista zatvorenih čvorova nužno prazna?*

1.24. *Potrebno je naći najjeftiniji put od grada A do grada E. Procenjene cene puta od različitih gradova do grada E su:* $(A, 105)$, $(B, 100)$, $(C, 50)$, $(D, 20)$. *Stvarne cene puta između gradova su* $(A, B, 20)$, $(A, C, 50)$, $(A, D, 100)$, $(B, C, 20)$, $(B, E, 110)$, $(C, D, 30)$, $(D, E, 30)$. *Između ostalih gradova nema puteva. Da li je zadata heuristika dopustiva? Da li je zadata heuristika konzistentna? Ilustrovati izvršavanje algoritma A*.*

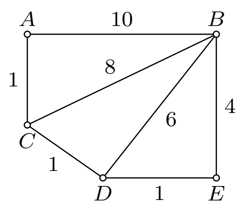
1.25. *U datom grafu, algoritmom* A^* *naći najkraći put od gornjeg levog do donjeg desnog čvora. Brojevi pored čvorova predstavljaju su heurističke procene cene puta od tog čvora, dok brojevi uz grane predstavljaju cene prelaska od čvora do čvora.*



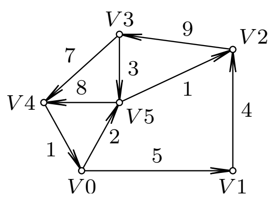
1.26. *U datom grafu, algoritmom A*, naći najkraći put od čvora A do čvora F. Podvučeni brojevi predstavljaju vrednosti heurističke funkcije u čvorovima, a ostali cene prelaska preko grana.*



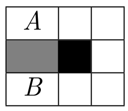
1.27. *Algoritmom A* naći put od čvora A do čvora E. Heuristička procena cene puta između dva čvora je najmanji broj grana koje je potrebno preći na tom putu. Stvarne cene navedene su pored grana.*



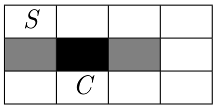
1.28. *Algoritmom A* naći put od čvora V3 do čvora V1. Heuristička procena cene puta između dva čvora je najmanji broj grana koje je potrebno preći na tom putu. Stvarne cene navedene su pored grana.*



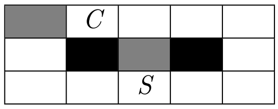
1.29. *Data je tabla kao na sledećoj slici. Potrebno je naći najjeftiniji put od polja A do polja B pri čemu dijagonalno kretanje nije dozvoljeno. Cena prelaska sa belog na belo polje je 1, cena prelaska sa belog na sivo polje je 4 i cena prelaska sa sivog na belo polje je takođe 4. Crno polje nije dostupno. Prikazati izvršavanje algoritma A* za ovaj problem. Koristiti Menhetn rastojanje.*



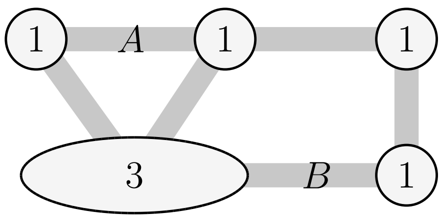
1.30. *Na datoj tabli primeniti algoritam* A**. Kao heuristika koristi se Menhetn rastojanje. S označava polazno, a C ciljno polje. Stupanje na belo polje košta 2, na sivo 6, a crna polja su neprohodna.*



1.31. *Na datoj tabli primeniti algoritam* A**. Kao heuristička mera rastojanja između dva čvora kojirsti se Menhetn rastojanje. S označava start, a C cilj. Stupanje na belo polje košta 1, na sivo 6, a crna polja su neprohodna.*



1.32. *Pera peca na mostu A bez mnogo uspeha. Od druga koji je na mostu B čuo je da je tamo ulov veliki. Pera procenjuje vreme u minutima koje mu je potrebno da automobilom dođe do mosta B kao najmanji broj ostrva preko kojih mora da pređe. Vremena koja su mu potrebna za prelazak preko svakog od ostrva su na priloženoj slici zapisana na tim ostrvima, ali ih Pera ne zna. Kako bi zapamtio najkraći put i za ubuduće, Pera se odlučuje da ga nađe algoritmom* A**. Opisati Perinu pretragu.*



1.33. *Kakva struktura podataka se koristi za čuvanje vrednosti funkcije evaluacije u okviru algoritma* A**?*

1.34. *Kada kažemo da je funkcija heuristike h u algoritmu* A* *dopustiva, a kada kažemo da je konzistentna?*

1.35. *Za koje grafove je algoritam* A* *najpogodniji za primenu?*

1.36. *Kada se algoritam* A* *primenjuje na uniformnoj mreži, šta se obično koristi kao cena puta do susednog čvora koji je desno, a šta do susednog čvora gore-desno?*

1.37. *Kako se zove rastojanje između dva čvora u kojem se broji ukupan broj polja pređenih horizontalno ili vertikalno od prvog do drugog?*

1.38. *Koliko je Menhetn rastojanje između donjeg levog i gornjeg desnog polja šahovske table?*

1.39. *Kada se algoritam* A* *primenjuje na uniformnoj mreži, koje funkcije se obično koriste kao heuristike? Da li su ove heuristike dopustive i kakva su druga njihova svojstva?*

1.40. *Šta je uslov zaustavljanja za algoritam* A**?*

1.41. *Šta znači to da je algoritam* A* *potpun?*

1.42. *Pod kojim uslovom je algoritam* A* *potpun?*

1.43. *Šta znači to da je algoritam* A* *optimalan?*

1.44. *Pod kojim uslovom je algoritam* A* *optimalan?*

1.45. *Koje sve čvorove obradi algoritam* A* *tokom svog rada?*

1.46. *Kada je u algoritmu* A* *broj obrađenih čvorova polinomski u odnosu na dužinu najkraćeg puta?*

1.5 Igranje strateških igara

1.47. *Opisati ukratko Šenonove strategije.*

1.48. *Šta znači da je funkcija evaluacije koja se koristi u strateškim igrama* statička*?*

1.49. *Koja je najjednostavnija funkcija evaluacije u igrama nulte sume?*

1.50. *Ako je statička ocena neke šahovske pozicije jednaka* 0*, šta to govori?*

1.51. *Ako je statička ocena neke šahovske pozicije jednaka c, koja je ocena pozicije koja je dobijena tako što su sve figure promenile boju?*

1.52. *Zašto se tako zove* Minimaks *algoritam?*

1.53. *Ako se pretraga vrši do iste dubine stabla igre, da li algoritam* Minimaks *ispituje isti broj pozicija bez obzira na poredak poteza u jednom čvoru?*

1.54. *Na datoj tabli igru igraju dva igrača od kojih jedan ima plave a drugi crvene žetone. Igrač je pobedio kad postavi svoje žetone na 2 susedna polja. Nacrtati potpuno stablo igre i pomoću algoritma* Minimaks *izračunati vrednosti njegovih čvorova.*

1.55. *Po čemu se razlikuju alfa i beta odsecanja?*

1.56. *Da li algoritam* Alfa-beta *uvek vraća isti rezultat kao algoritam* Minimaks*?*

1.57. *Da li algoritam* Alfa-beta *uvek obradi manje čvorova nego algoritam* Minimaks*?*

1.58. *U kom slučaju algoritam* Alfa-beta *obrađuje isti broj čvorova kao i* Minimaks*?*

1.59. *Da li algoritam* Minimaks *može u nekom slučaju, pretražujući do iste dubine, da obiđe manji broj čvorova od algoritma* Alfa-beta*?*

1.60. *Da li* Alfa-beta *algoritam, u odnosu na* Minimaks *algoritam: (a) daje iste poteze, ali brže; (b) daje nešto lošije poteze, ali znatno brže; (c) daje bolje poteze i to brže; (d) daje bolje poteze ali nešto sporije?*

1.61. *Na datoj tabli igre X-O algoritmom* Alfa-beta *odrediti najbolji potez za igrača X. Prikazati stablo igre i odsecanja koja algoritam vrši.*

X	*X*	*O*
	O	*X*
		O

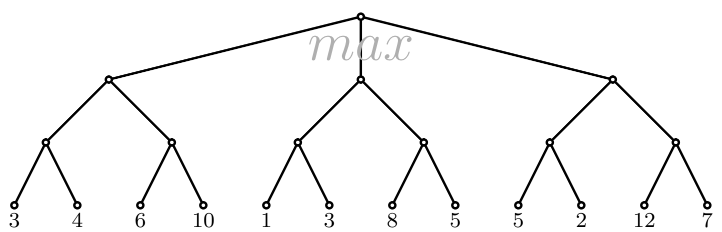
1.62. *Data je sledeća tabla za igru:*

1	*2*
3	*4*

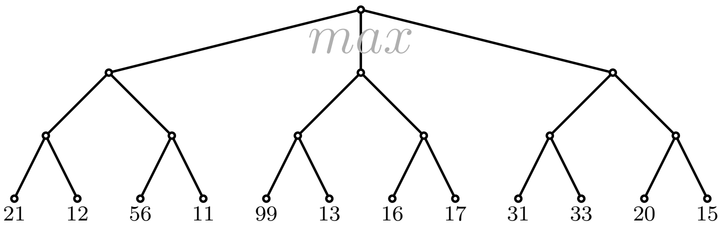
Dva igrača stavljaju naizmenično žetone na polja dok se tabla ne popuni i pri tom osvajaju onoliko poena koliko piše na polju. Pobeđuje igrač koji na kraju ima veću sumu poena. Pomoću Minimaks *algoritma odrediti najbolji polazni potez za prvog igrača. Da li algoritam* Alfa-beta *omogućava izračunavanje najboljeg poteza u manje koraka?*

1.63. *Ako se koristi algoritam* Alfa-beta*, kada je broj odsecanja u stablu igre najveći?*

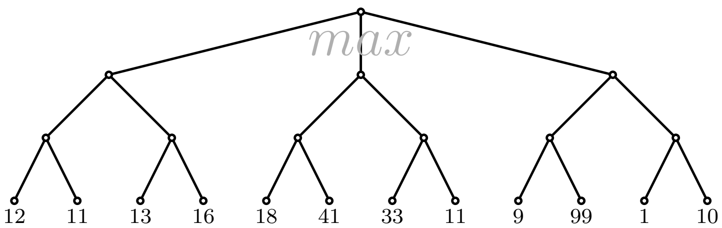
1.64. *Na datom drvetu algoritmom* Alfa-beta *izračunati vrednost korenog čvora. Označiti delove drveta koji su odsečeni pri obilasku s leva na desno. Da li neki drugi raspored grana drveta omogućava više odsecanja? Ako da, koji?*



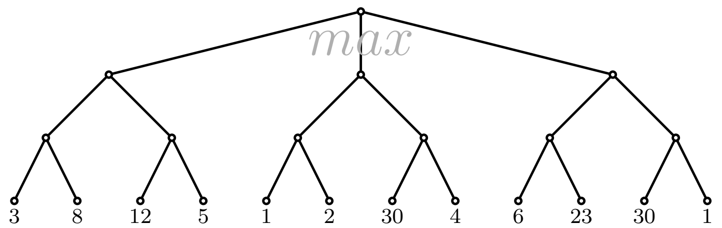
1.65. *Označiti odsecanja koja čini algoritam* Alfa-beta *pri obilasku sledećeg stabla s leva nadesno. Postoji li redosled obilaska stabla pri kojem se odseca veći broj čvorova?*



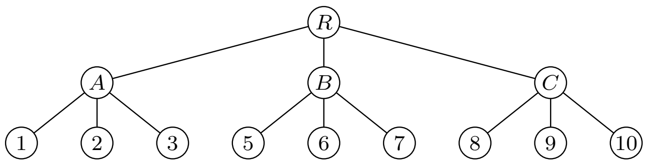
1.66. *Prikazati odsecanja koja vrši algoritam* Alfa-beta *na datom stablu igre pri obilasku s leva na desno. Koji je optimalni obilazak stabla u smislu odsečenih čvorova i koja odsecanja se pri njemu vrše?*



1.67. *Označiti odsecanja koja čini algoritam* Alfa-beta *pri obilasku sledećeg stabla s leva nadesno.*



1.68. *Naredna slika prikazuje deo stabla igre koje se pretražuje algoritmom* Alfa-beta*. U korenu R se primenjuje maksimizovanje a u čvorovima A, B, C minimizovanje. Koji poredak čvorova A, B, C bi dao najviše odsecanja?*



1.69. *Koja heuristika za algoritam* Alfa-beta *je zasnovana na činjenici da je broj odsecanja u stablu igre najveći ako se najpre ispituje najbolji?*

1.70. *Opisati ukratko heuristiku kiler.*

1.71. *Kakav efekat se očekuje od heuristike kiler u iterativnoj primeni* Alfa-beta *algoritma i zašto?*

1.72. *Da li iterativni* Alfa-beta *algoritam sa kiler heuristikom daje uvek isti rezultat kao* Alfa-beta *algoritam nad istim stablom igre i za istu dubinu pretrage?*

1.73. *Koji je algoritam potrebno koristiti da bi heuristika kiler funkcionisala i na nultom nivou stabla igre?*

1.74. *Koji algoritam je pogodan za igru sa vremenskim prekidima i zašto?*

1.75. *Šta je to* stabilno pretraživanje*?*

1.76. *Neka je A deterministički algoritam za pretraživanje (d, n, F)-stabla i neka je $I_A(d, n, F)$ očekivani broj završnih čvorova koje algoritam A ispituje. Kako se definiše faktor grananja algoritma A?*

1.77. *Koliki je faktor granjanja algoritma* Minimaks*, ako se ispituje uniformno stablo stepena n i dubine d?*

1.78. *U igri P za dva igrača, u svakom potezu ima prosečno 6 legalnih poteza, a igra prosečno traje 4 poteza. Koliki je faktor grananja algoritma* Minimaks *za ovu igru?*

1.79. *U igri P za dva igrača, u svakom potezu ima prosečno 5 legalnih poteza, a igra prosečno traje 20 poteza. Koliki je faktor grananja algoritma* Minimaks *za ovu igru?*

1.80. *Koliki je faktor grananja za algoritam* Minimaks *za šahovsku središnjicu?*

1.81. *Koliki je faktor granjanja algoritma* Alfa-beta*, ako se ispituje uniformno stablo stepena n i dubine d?*

1.82. *U programiranju igara, da li se algoritmi* Minimaks *tipa primenjuju u otvaranju, središnjici ili završnici?*

1.83. *Navesti barem dve strategije za završnicu u programima za igre.*

1.84. *Do koje dubine se vrši pretraga u Bramerovom pristupu za završnicu?*

1.85. *Navesti faze postupka ocenjivanja pozicija igre pristupom Monte Karlo.*

1.86. *Opisati barem dve politike selekcije u Monte Karlo pretrazi stabla igre.*

1.6 Genetski algoritmi

1.87. *Navesti opšti genetski algoritam.*

1.88. *Da li, u genetskim algoritmima, ciljna funkcija mora da bude:*

- *definisana za sve moguće jedinke?*
- *diskretna?*
- *neprekidna?*
- *diferencijabilna?*

1.89. *Da li, u genetskim algoritmima, funkcija prilagođenosti mora da bude:*

- *definisana za sve moguće jedinke?*
- *diskretna?*
- *neprekidna?*
- *diferencijabilna?*

1.90. *Ukoliko je genetskim algoritmom potrebno odrediti minimum pozitivne funkcije f na nekom intervalu, da li je pogodno kao funkciju prilagođenosti koristiti funkciju:*
(a) f*?*
(b) $-f$*?*
(c) inverznu funkciju of f*?*
(d) f'*?*

1.91. *U genetskim algoritmima, koja se reprezentacija jedinki najčešće koristi?*

1.92. *Broj mogućih rešenja datog problema je 1000000. Ukoliko se za rešavanje ovog problema koristi genetski algoritam i binarna reprezentacija, kolika je onda dužina hromozoma?*

1.93. *Ako je za potrebe primene genetskog algoritma, domen $\{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$ predstavljen binarnim hromozomima dužine 3 (u istom poretku), kako će biti predstavljena jedinka 9?*

1.94. *Kako se generiše inicijalna populacija u genetskim algoritmima?*

1.95. *Navesti dva genetska operatora.*

1.96. *Koliko genetski operatori ukrštanja i mutacije imaju ulaznih jedinki?*

1.97. *Šta je uloga selekcije u genetskim algoritmima?*

1.98. *Koje su vrste selekcije u genetskim algoritmima najpopularnije?*
(a) Menhetn i ruletska;
(b) Turnirska i Monte Karlo;
(c) ruletska i turnirska;
(d) ruletska i uniformna.

1.99. *Koje vrste selekcija se najčešće koriste u genetskim algoritmima?*

1.100. *Kako se jedinka bira ruletskom selekcijom?*

1.101. *Ako je $f(i)$ vrednost funkcije kvaliteta (prilagođenosti) za jedinku i, a N broj jedinki u populaciji, verovatnoća da će jedinka i biti izabrana ruletskom selekcijom da učestvuje u reprodukciji jednaka je $p_i = \frac{f(i)}{x}$, gde je x jednako:*
(a) 1;
(b) $\sum_{j=1}^{N} f(j)$;
(c) $\sum_{j=1, j\neq i}^{N} f(j)$;
(d) $\prod_{j=1}^{N} f(j)$;

1.102. *Ukoliko su vrednosti prilagođenosti jedinki a, b i c redom 2, 5 i 8, koja je verovatnoća da će u ruletskoj selekciji biti izabrana jedinka b?*

1.103. *Genetskim algoritmom traži se maksimum funkcije $20 - x^2$. Populacija sadrži (samo) jedinke (1), (-4), (2) i (3). Kolika je, za svaku od jedinki, verovatnoća da će biti izabrana za reprodukciju u ruletskoj selekciji.*

1.104. *U genetskim algoritmima, ako u jednoj generaciji postoje (samo) jedinke A, B i C sa vrednostima prilagođenosti 1, 2 i 3 (redom), koja je verovatnoća da pri ruletskoj selekciji jedinka B uđe u proces reprodukcije?*

1.105. *Napisati implemenaciju jednostavne ruletske selekcije.*

1.106. *Opisati algoritam turnirske selekcije.*

1.107. *Ako je u turnirskoj selekciji veličina turnira k jednaka 1, čemu je ona ekvivalentna?*

1.108. *Dve jedinke-roditelja imaju binarne reprezentacije* 1010 *i* 0101*. Da li se nekom vrstom ukrštanja može dobiti kao njihov potomak: (a)* 0000*; (b)* 0011*; (c)* 1111*?*

1.109. *Dve jedinke-roditelja imaju reprezentacije* 0011 *i* 1010*. Da li se u nekom njihovom potomku (dobijenom ukrštanjem) može javiti:*
(1) na prvoj poziciji (zdesna nalevo) vrednost 0*?*
(2) na prvoj poziciji (zdesna nalevo) vrednost 1*?*
(3) na drugoj poziciji (zdesna nalevo) vrednost 0*?*
(4) na drugoj poziciji (zdesna nalevo) vrednost 1*?*
(5) na trećoj poziciji (zdesna nalevo) vrednost 0*?*
(6) na trećoj poziciji (zdesna nalevo) vrednost 1*?*
(7) na četvrtoj poziciji (zdesna nalevo) vrednost 0*?*
(8) na četvrtoj poziciji (zdesna nalevo) vrednost 1*?*

1.110. *Opisati uniformno ukrštanje koje se koristi u genetskim algoritmima.*

1.111. *Napisati implementacije operatora ukrštanja sa jednom tačkom prekida i mutacije za hromozome dužine* $n \leq 32$.

1.112. *Napisati C implementacije operatora ukrštanja sa jednom tačkom prekida i mutacije ukoliko se hromozomi mogu predstaviti kao niske od trideset i dve binarne cifre.*

1.113. *U genetskim algoritmima, kolika je obično verovatnoća da neka binarna cifra neke jedinke mutira?*

1.114. *Da li se od jedinke* 1010 *mutacijom može dobiti jedinka: (a)* 0000*; (b)* 0011*; (c)* 1111*?*

1.115. *Ako tokom primene genetskog algoritma ima N jedinki, svaka je predstavljena sa M bitova, a verovatnoća mutacije je p, koliki je očekivani broj mutiranih gena u jednoj generaciji?*

1.116. *Šta je to elitizam u genetskim algoritmima?*

1.117. *Navesti bar četiri moguća uslova za zaustavljanje genetskog algoritma.*

1.7 Automatsko rasuđivanje u iskaznoj logici

1.118. *Da li nad konačnim skupom iskaznih promenljivih ima konačno ili prebrojivo ili neprebrojivo mnogo (sintaksički) različitih iskaznih formula?*

1.119. *Šta je literal u iskaznoj logici?*

1.120. *Ako za iskazne formule A i C važi $A = C$, čemu je jednako $A[C \mapsto D]$?*

1.121. *Ako za iskazne formule A i C važi $A \neq C$ i A je atomička formula, čemu je jednako $A[C \mapsto D]$?*

1.122. *Čemu je jednako $(p \wedge (\neg q \vee r))[\neg q \vee r \mapsto q \Rightarrow r]$?*

1.123. *Kako se definiše interpretacija u iskaznoj logici?*

1.124. *Kada je iskazna formula $A \Rightarrow B$ tačna u interpretaciji I_v?*

1.125. *Kada je $I_v(A \Rightarrow B) = 0$?*

1.126. *Čemu je jednaka vrednost $I_v(A \Leftrightarrow B)$ za valuaciju v?*

1.127. *Navesti primer iskazne formule koja je:*

- *zadovoljiva;*
- *valjana;*
- *poreciva;*
- *kontradikcija;*
- *zadovoljiva i valjana;*
- *zadovoljiva i nije valjana;*
- *zadovoljiva i poreciva;*
- *zadovoljiva i nije poreciva;*
- *zadovoljiva i nije kontradikcija;*
- *valjana i nije poreciva;*
- *valjana i nije kontradikcija;*
- *poreciva i nije zadovoljiva;*
- *poreciva i nije valjana;*
- *poreciva i kontradikcija;*
- *poreciva i nije kontradikcija;*
- *kontradikcija i nije zadovoljiva;*
- *kontradikcija i nije valjana.*

1.128. *Ako iskazna formula ima barem jedan model, kakva je onda ona?*

1.129. *Ako iskazna formula nema nijedan model, kakva je onda ona?*

1.130. *Ako iskazna formula nije poreciva, kakva je onda ona?*

1.131. *Ako iskazna formula nije zadovoljiva, kakva je onda ona?*

1.132. *Ako iskazna formula nije kontradikcija, kakva je onda ona?*

1.133. *Ako je formula $\neg F$ zadovoljiva, kakva je onda formula F?*

1.134. *Ako je iskazna formula valjana, da li je ona sigurno zadovoljiva?*
Ako je iskazna formula kontradikcija, da li je ona sigurno poreciva?
Ako iskazna formula nije zadovoljiva, da li je ona sigurno kontradikcija?
Ako iskazna formula nije tautologija, da li je ona sigurno poreciva?

1.135. *Dokazati sledeća tvrđenja:*

- *Iskazna formula A je valjana ako i samo ako je $\neg A$ kontradikcija.*
- *Iskazna formula A je zadovoljiva ako i samo ako je $\neg A$ poreciva.*

1.136. *Kada za iskaznu formulu A kažemo da je logička posledica skupa formula Γ?*

1.137. *Da li nad konačnim skupom iskaznih promenljivih ima konačno ili prebrojivo ili neprebrojivo mnogo iskaznih formula od kojih nikoje dve nisu logički ekvivalentne?*

1.138. *Koliko ima klauza dužine k nad skupom od n iskaznih promenljivih*

- *ako je dozvoljeno da se u klauzi pojavljuje i literal i njegova negacija?*
- *ako nije dozvoljeno da se u klauzi pojavljuje i literal i njegova negacija?*

(Smatra se da se u klauzi ne pojavljuju logičke konstante niti da se ponavlja isti literal, klauze se smatraju istim ako se razlikuju samo u poretku literala koje sadrže).

1.139. *Kada kažemo da su iskazne formule A i B logički ekvivalentne?*

1.140. *Kako se zapisuje da su formule A i B logički ekvivalentne?*

1.141. *Da li je $A \equiv B$ formula ili meta-formula? Da li je $A \Leftrightarrow B$ formula ili meta-formula? Kakva je veza između $A \equiv B$ i $A \Leftrightarrow B$?*

1.142. *Pokazati da iskazne formule $p \Rightarrow (q \Rightarrow r)$ i $(p \Rightarrow q) \Rightarrow r$ nisu logički ekvivalentne.*

1.143. *Navesti teoremu o zameni za iskaznu logiku.*

1.144. *Dokazati da iz $A \equiv A[C \mapsto D]$ ne sledi $C \equiv D$.*

1.145. *Dokazati da važi $A_1, A_2, \ldots, A_n \models B$ ako i samo ako $\models (A_1 \wedge A_2 \wedge \ldots \wedge A_n) \Rightarrow B$.*

1.146. *Dokazati da važi $\Gamma, A \models B$ ako i samo ako $\Gamma \models A \Rightarrow B$.*

1.147. *Dokazati sledeća tvrđenja (Γ i Δ su skupovi iskaznih formula, A je iskazna formula):*

- *Ako je Γ zadovoljiv i $\Delta \subset \Gamma$, onda je Δ zadovoljiv.*
- *Ako je Γ zadovoljiv i A valjana, onda je $\Gamma \cup \{A\}$ zadovoljiv.*
- *Ako je Γ kontradiktoran i $\Gamma \subset \Delta$, onda je Δ kontradiktoran.*
- *Ako je Γ kontradiktoran i A valjana, onda je $\Gamma \setminus \{A\}$ kontradiktoran.*

1.148. *Dokazati da je iskazna logika je* monotona, *tj. dokazati da proširivanjem skupa pretpostavki ne može da se izgubi neka posledica: ako za skupove formula Γ i Δ važi $\Gamma \subset \Delta$ i $\Gamma \models A$, onda je $\Delta \models A$.*

1.149. *Ako važi $\Gamma \models A$, kakav treba da bude odnos između skupova Γ i Δ da bi važilo i $\Delta \models A$?*

1.150. *Ako je $A_1 \equiv A_2$ i $B_1 \equiv B_2$, dokazati da važi i :*

- $\neg A_1 \equiv \neg A_2$
- $A_1 \wedge B_1 \equiv A_2 \wedge B_2$
- $A_1 \vee B_1 \equiv A_2 \vee B_2$
- $A_1 \Rightarrow B_1 \equiv A_2 \Rightarrow B_2$
- $A_1 \Leftrightarrow B_1 \equiv A_2 \Leftrightarrow B_2$.

1.151. *Ako je iskazna formula A tautologija koja sadrži iskazna slova p_1, p_2, ..., p_n i ako su A_1, A_2, ..., A_n proizvoljne iskazne formule, onda je iskazna formula $B = A[p_1 \mapsto A_1, p_2 \mapsto A_2, \dots, p_n \mapsto A_n]$ takođe tautologija.*

1.152. *Da li je u iskaznoj logici odlučiv problem ispitivanja:*

- *zadovoljivosti?*
- *valjanosti?*
- *porecivosti?*
- *kontradiktornosti?*

1.153. *Ispitati metodom istinitosnih tablica da li je iskazna formula $\neg((q \Rightarrow p) \Rightarrow p) \Rightarrow \neg p$ zadovoljiva.*

1.154. *Ispitati metodom istinitosnih tablica da li je iskazna formula $(p \Rightarrow (q \Rightarrow r)) \Rightarrow ((p \Rightarrow q) \Rightarrow (p \Rightarrow r))$ tautologija.*

1.155. *Neka su A, B, C, D iskazne formule takve da su formule $A \Rightarrow (B \Rightarrow C)$ i $(A \wedge C) \Rightarrow \neg D$ tautologije. Dokazati, korišćenjem istinitosnih tablica, da je i formula $(D \wedge A) \Rightarrow \neg B$ tautologija.*

1.156. *Odrediti, korišćenjem istinitosnih tablica, (ako postoji takva) formulu A takvu da je naredna formula tautologija:*

- $((A \wedge q) \Rightarrow \neg p) \Rightarrow ((p \Rightarrow \neg q) \Rightarrow A)$
- $((p \Rightarrow (\neg q \wedge r)) \Rightarrow A) \Rightarrow (A \wedge ((r \Rightarrow q) \wedge p))$

1.157. *Da li je formula $(\neg p \vee q) \Rightarrow (\neg q \vee p)$ tautologija, zadovoljiva, poreciva ili nezadovoljiva?*

1.158. *Da li je formula $(\neg p \wedge p \wedge \neg r) \Rightarrow (\neg q \vee r)$ tautologija, zadovoljiva, poreciva ili nezadovoljiva?*

1.159. *Dokazati sledeća tvrđenja:*

- *Ako su formule $A \vee B$ i $\neg A \vee C$ tautologije, onda je i $B \vee C$ tautologija.*
- *Ako su formule $A \vee B$, $A \Rightarrow C$, $B \Rightarrow D$ tautologije, onda je i $C \vee D$ tautologija.*
- *Ako su formule $\neg A \vee B$ i $\neg C \vee \neg B$ tautologije, onda je i $A \Rightarrow \neg C$ tautologija.*
- *Ako su formule $A \Rightarrow (B \Rightarrow C)$ i $(A \wedge C) \Rightarrow \neg D$ tautologije, onda je i formula $(D \wedge A) \Rightarrow \neg B$ tautologija.*

1.160. *Ako su iskazne formule A i $A \Rightarrow B$ tautologije, da li je onda formula B tautologija, zadovoljiva, poreciva ili kontradikcija?*

1.161. *Ako su iskazne formule A i $A \Rightarrow B$ zadovoljive, onda formula B nije nužno zadovoljiva. Konstruisati jedan takav primer (u kojem B nije zadovoljiva, a A i $A \Rightarrow B$ jesu).*

1.162. *Da li je za iskaznu formulu jednoznačno određena njena konjunktivna normalna forma?*

1.163. *Navesti jedan algoritam za transformiranje iskazne formule u* KNF.

1.164. *Šta tokom primene algoritma KNF važi nakon primene logičke ekvivalencije $\neg\neg A \equiv A$?*

1.165. *Navesti teoremu o korektnosti algoritma KNF za iskaznu logiku.*

1.166. *Zašto se zaustavlja prvi korak algoritma KNF?*

1.167. *Zašto se zaustavlja četvrti korak algoritma KNF?*

1.168. *Da li se može konstruisati iskazna formula za koju se algoritam KNF ne zaustavlja?*

1.169. *Navesti primer skupa formula A veličine n za koje se algoritmom KNF dobijaju formule veličine*

- $p(n)$ *(gde je $p(n)$ neki polinom po n)?*
- $p(2^n)$ *(gde je $p(2^n)$ neki polinom po 2^n)?*

1.170. *Odrediti konjunktivnu normalnu formu i disjunktivnu normalnu formu za formule:*

- $(A \Rightarrow B) \vee (\neg A \wedge C)$

- $A \Leftrightarrow (B \wedge \neg A)$
- $((A \Rightarrow B) \Rightarrow (C \Rightarrow \neg A)) \Rightarrow (\neg B \Rightarrow \neg C)$
- $((((A \Rightarrow B) \Rightarrow \neg A) \Rightarrow \neg B) \Rightarrow \neg C) \Rightarrow C$
- $(A \Rightarrow (B \Rightarrow C)) \Rightarrow ((A \Rightarrow \neg C) \Rightarrow (A \Rightarrow \neg B))$

1.171. *Kako se definišu binarni veznici* $\uparrow$ *i* $\downarrow$*?*

1.172. *Koliko ima binarnih veznika koji pojedinačno čine potpun skup veznika za iskaznu logiku? Predstaviti te veznike u terminima osnovnih logičkih veznika.*

1.173. *Dokazati da skup* $\{\Rightarrow, \vee\}$ *nije potpun skup veznika.*

1.174. *U računarstvu se često koristi logički veznik* $\underline{\vee}$ *(*isključivo ili, isključiva disjunkcija, ekskluzivno ili, ekskluzivna disjunkcija*) koji može biti definisan na sledeći način:* $A \underline{\vee} B$ *je jednako (tj. to je kraći zapis za)* $\neg(A \Leftrightarrow B)$ *ili* $(A \wedge \neg B) \vee (\neg A \wedge B)$*. Ispitati da li je skup* $\{\wedge, \underline{\vee}\}$ *potpun skup veznika.*

1.175. *Kako se zove problem ispitivanja zadovoljivosti iskazne formule u* KNF *obliku? Da li je ovaj problem odlučiv?*

1.176. *Da li problem* SAT *pripada klasi* P*? Da li problem* SAT *pripada klasi* NP*? Da li je problem* SAT NP*-kompletan? Da li je problem* SAT NP*-težak?*

1.177. *U kom obliku mora da bude formula na koju se primenjuje* DPLL *procedura?*

1.178. *Koji odgovor vraća* DPLL *procedura ako ulazna formula ne sadrži nijednu klauzu?*

1.179. *Kako glasi pravilo* tautology *procedure* DPLL*?*

1.180. *Kako glasi pravilo* split DPLL *procedure?*

1.181. *Koja su pravila* DPLL *procedure primenljiva na formulu:* $(\neg a \vee b \vee c) \wedge (a \vee b \vee \neg c) \wedge (\neg a \vee b \vee \neg c)$*?*

1.182. *Da li se može konstruisati iskazna formula u* KNF *formi za koju se algoritam* DPLL *ne zaustavlja?*

1.183. *Ako želimo da* DPLL *procedurom ispitamo da li je iskazna formula* A *tautologija, šta treba da bude ulaz za* DPLL *proceduru? U kom slučaju je onda formula* A *valjana?*

1.184. *Koja je složenost* DPLL *procedure u najgorem slučaju?*

1.185. *Da li postoje iskazne formule za koje je vreme izvršavanja procedure* DPLL *polinomsko u odnosu na veličinu formule?*

1.186. *Primenom* DPLL *algoritma proveriti da li je sledeća formula zadovoljiva:*

- $(c \Rightarrow (a \wedge b)) \Rightarrow (a \wedge c)$
- $((a \Rightarrow b) \Rightarrow c) \vee (b \wedge c)$
- $(p \vee (q \wedge r)) \Rightarrow (q \vee p \vee r)$.
- $(p \Rightarrow r) \Rightarrow ((q \Rightarrow r) \Rightarrow (p \vee q \Rightarrow r))$
- $\neg((p \Rightarrow r) \Rightarrow ((q \Rightarrow r) \Rightarrow (p \vee q \Rightarrow r)))$

1.187. *Primenom* DPLL *algoritma proveriti da li je sledeća formula tautologija:*

- $((a \vee \neg b) \Rightarrow \neg c) \Rightarrow (\neg a \wedge b \wedge \neg c)$
- $((a \Rightarrow b) \Rightarrow (b \Rightarrow c)) \wedge a \wedge \neg c$

1.188. *Primenom* DPLL *algoritma ispitati da li je formula* $(p \vee \neg q \vee \neg r) \wedge (\neg p \vee q \vee \neg r) \wedge (p \vee \neg q \vee r)$ *zadovoljiva, tautologija, poreciva, kontradikcija.*

1.189. *Dva 2-bitna broja se sabiraju i daju rezultat 3. Primenom* DPLL *procedure naći takva dva broja.*

1.190. *Zapisati formulu koja opisuje uslov da se u svakoj vrsti table za igru oblika* 2×2 *polja može postaviti tačno jedan žeton i proveriti njenu zadovoljivost* DPLL *procedurom.*

1.191. *Robot treba da rasporedi dva objekta u dve kutije. Pri tome ne sme oba objekta da stavi u istu kutiju. U vidu iskazne formule zapisati uslove koji definišu dopustive rasporede. Objasniti koje je značenje koje iskazne promenljive. Pomoću* DPLL *procedure naći neko ispravno raspoređivanje.*

1.192. *Na tabli* 2×2 *postavljaju se žetoni. U vidu iskazne formule zapisati uslov da na bar jednoj dijagonali moraju biti postavljena bar dva žetona. Pomoću* DPLL *algoritma ispitati zadovoljivost ove formule i navesti neki model koji ovaj algoritam daje. Šta daje dobijeni model?*

1.193. *U iskaznoj logici*

1. *zapisati uslov da bitovi 3-bitnog broja moraju biti jednaki i*

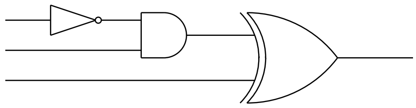
2. DPLL *procedurom proveriti da li takav broj postoji i, ako postoji, naći primer takvog broja.*

1.194. *U vidu iskazne formule zapisati uslov da je 4-bitna reprezentacija broja palindrom, ali da nisu svi bitovi isti.* DPLL *procedurom proveriti da li postoji takav broj i ako postoji naći primer.*

1.195. *Tri kuće se boje crvenom ili plavom bojom. Ukoliko je prva kuća obojena crveno, druge dve moraju biti iste boje. Ukoliko je druga kuća obojena crveno, treća mora biti plava. Zapisati date uslove u iskaznoj logici i* DPLL *procedurom proveriti da li je moguće kuće obojiti u skladu sa ovim pravilima. Ukoliko jeste, naći primer takvog bojenja.*

1.196. *Temena trougla se boje pomoću dve boje. Pri tome, nijedan par temena ne može imati istu boju. Zapisati date uslove u vidu formule iskazne logike i* DPLL *procedurom proveriti da li je moguće temena obojiti u skladu sa datim pravilima. Ukoliko jeste, naći primer takvog bojenja.*

1.197. *Za kolo dato na slici,* DPLL *procedurom proveriti da li može da da izlaz 1 i, ukoliko je to moguće, naći kombinaciju vrednosti na ulazima za koju je to slučaj.*



1.198. *Koristeći direktno kodiranje zapisati sledeće uslove:* $A, B, C \in \{4, 5\}$, $A \neq B$, $C > B$.

1.199. *Polja tabele* 2×2 *treba obojiti crvenom ili plavom bojom. Ako je polje (1,1) ofarbano crvenom bojom onda barem jedno od ostalih polja mora biti plavo. Ako je polje (2,2) ofarbano plavom bojom, onda barem dva ostala polja moraju biti crvena. Ne smeju sva polja biti ofarbana istom bojom. Zapisati date uslove u vidu formule iskazne logike i* DPLL *procedurom proveriti da li je moguće polja obojiti u skladu sa ovim pravilima. Ukoliko jeste, naći primer takvog bojenja (polja su označena sa (1,1) (1,2) (2,1) i (2,2)).*

1.200. *Tabela* 2×2 *se boji crvenom ili plavom bojom. Ako je polje B plave boje, polje C je crvene boje. Polja A i D su različite boje. Ako je B crvene boje, A je takođe crvene boje.* DPLL *procedurom naći jedan primer bojenja.*

A	B
C	D

1.8 Automatsko rasuđivanje u logici prvog reda

1.201. *Kako se još nazivaju funkcijski simboli arnosti 0?*

1.202. *Koliko ima formula logike prvog reda nad konačnim skupom predikatskih i funkcijskih simbola, a nad prebrojivim skupom promenljivih?*

1.203. *Šta je* term *u logici prvog reda?*

1.204. *Šta je* literal *u logici prvog reda?*

1.205. *Šta je* klauza *u logici prvog reda?*

1.206. *Da li je u formuli* $\forall x(p(x, y) \wedge q(y, z) \wedge r(z))$, *promenljiva x slobodna ili vezana, da li je promenljiva y slobodna ili vezana, da li je promenljiva z slobodna ili vezana?*

1.207. *Zapisati naredne rečenice u vidu formula logike prvog reda:*

(a) Svako voli nekoga i niko ne voli svakoga ili neko voli svakoga i neko ne voli nikoga.

(b) Možete lagati neke ljude sve vreme i možete lagati sve ljude neko vreme, ali ne možete lagati sve ljude sve vreme.

1.208. *Za datu signaturu $\mathcal{L}$, šta je to $\mathcal{L}$-struktura $\mathfrak{D}$?*

1.209. *U šta se, u svakoj interpretaciji logike prvog reda, preslikava funkcijski simbol?*

1.210. *U šta se, u svakoj interpretaciji logike prvog reda, preslikava predikatski simbol?*

1.211. *U semantici logike prvog reda, ako je x promenljiva, čemu je jednako $I_v(x)$?*

1.212. *U logici prvog reda, čemu je, za neku interpretaciju I_v, jednaka vrednost $I_v(\forall x \mathcal{A})$?*

1.213. *U logici prvog reda, čemu je, za neku interpretaciju I_v, jednaka vrednost $I_v(\exists x \mathcal{A})$?*

1.214. *Ako, u logici prvog reda, za dve valuacije v i w važi $v(x) = 1$, $v(y) = 2$, $w(x) = 3$ i $v \sim_x w$, šta važi za $w(y)$?*

1.215. *Odrediti bar jedan model formule $\forall x\ (p(x) \Rightarrow p(f(x)))$.*

1.216. *Ispitati da li je $\mathcal{L}$-struktura data sa $D = \{a, b, c\}$ i*

	f_I
a	b
b	a
c	a

p_I	a	b	c
a	1	1	0
b	1	0	1
c	0	0	1

model formule $(\forall x)(p(x, f(x)) \Rightarrow p(f(x), x))$.

1.217. *Odrediti sve dvočlane modele formule $(\forall x)(\exists y)(p(x, y) \Rightarrow \neg p(y, x))$.*

1.218. *Data je formula*

$\mathcal{A} = (\forall x)(p(x, f(x)) \wedge \neg p(x, x)) \wedge (\forall x)(\forall y)(\forall z)(p(x, y) \wedge p(y, z) \Rightarrow p(x, z))$.

(a) Odrediti bar jedan model za formulu $\mathcal{A}$.

(b) Dokazati da svaki model formule $\mathcal{A}$ ima beskonačan domen.

1.219. *Dokazati da je formula $(\forall x)(\forall y)(\exists z)(p(x) \wedge p(y) \Leftrightarrow p(z))$ valjana.*

1.220. *Dokazati da su naredne formule valjane:*

(a) $(\exists x)(\forall y)\mathcal{A} \Rightarrow (\forall y)(\exists x)\mathcal{A}$

(b) $((\exists x)(\mathcal{A} \Rightarrow \mathcal{B})) \Leftrightarrow (\mathcal{A} \Rightarrow (\exists x)\mathcal{B})$*, pri čemu promenljiva x nije slobodna u $\mathcal{A}$.*

1.221. *Dokazati da naredne formule nisu valjane:*

(a) $(\exists x)\mathcal{A}_1 \wedge (\exists x)\mathcal{A}_2 \Leftrightarrow (\exists x)(\mathcal{A}_1 \wedge \mathcal{A}_2)$

(b) $(\forall x)\mathcal{A}_1 \vee (\forall x)\mathcal{A}_2 \Leftrightarrow (\forall x)(\mathcal{A}_1 \vee \mathcal{A}_2)$

1.222. *Dokazati da formula $(\forall x)(\exists y)p(x, y) \Leftrightarrow (\exists y)(\forall x)p(x, y)$ nije valjana.*

1.223. *Dokazati da je sledeća formula valjana:*

$$((\forall x)\mathcal{A}) \wedge \mathcal{B} \Leftrightarrow (\forall x)(\mathcal{A} \wedge \mathcal{B})$$

pri čemu formula $\mathcal{B}$ nema slobodnih pojavljivanja promenljive x. Dokazati da data formula nije valjana ako se izostavi navedeni dodatni uslov.

1.224. *Kada kažemo da su formule logike prvog reda $\mathcal{A}$ i $\mathcal{B}$ logički ekvivalentne?*

1.225. *Dokazati da je logika prvog reda* monotona*: ako za skupove formula Γ i Δ važi $\Gamma \subset \Delta$ i $\Gamma \models \mathcal{A}$, onda je $\Delta \models \mathcal{A}$.*

1.226. *Da li je formula $(\forall x)(\mathcal{A} \wedge \mathcal{B})$ logički ekvivalentna nekim od formula:*

$(\forall x)\mathcal{A} \wedge (\forall x)\mathcal{B}$,

$(\forall x)\mathcal{A} \wedge \mathcal{B}$

$(\forall x)\mathcal{A} \vee (\forall x)\mathcal{B}$

$(\forall x)\mathcal{A} \vee \mathcal{B}$

1.227. *Da li su formule* $(\forall x\mathcal{A}) \wedge \mathcal{B}$ *i* $\forall x(\mathcal{A} \wedge \mathcal{B})$ *logički ekvivalentne?*

1.228. *Da li su formule* $(\forall x\mathcal{A}) \wedge \forall x\mathcal{B}$ *i* $(\forall x\mathcal{A} \wedge \mathcal{B})$ *logički ekvivalentne?*

1.229. *Šta treba da važi za promenljivu* x *da formule* $\forall x(\mathcal{A} \wedge \mathcal{B})$ *i* $\forall x\mathcal{A} \wedge \mathcal{B}$ *nisu nužno logički ekvivalentne?*

1.230. *Navesti teoremu o zameni za logiku prvog reda. Gde se ona koristi?*

1.231. *Korišćenjem logičkih ekvivalencija dokazati da je formula* $\exists x(\mathcal{A} \Rightarrow \mathcal{B}) \Leftrightarrow (\forall x\mathcal{A} \Rightarrow \exists x\mathcal{B})$ *valjana.*

1.232. *Dokazati da za svaku supstituciju* σ *iz* $\mathcal{A} \equiv \mathcal{B}$ *sledi* $\mathcal{A}\sigma \equiv \mathcal{B}\sigma$.

1.233. *Dokazati da je formula* $(\forall x)(\exists y)\mathcal{A} \Rightarrow (\exists y)(\mathcal{A}[x \mapsto y])$ *valjana.*

1.234. *Dokazati sledeću logičku ekvivalenciju:*

$$\exists x\mathcal{A} \equiv \exists y(\mathcal{A}[x \mapsto y])$$

pri čemu formula $\mathcal{A}$ *nema slobodnih pojavljivanja promenljive* y. *Dokazati da data logička ekvivalencija ne važi ako se izostavi navedeni dodatni uslov.*

1.235. *Da li je problem zadovoljivosti u logici prvog reda odlučiv, poluodlučiv ili neodlučiv?*

1.236. *Da li je problem valjanosti u logici prvog reda odlučiv, poluodlučiv ili neodlučiv?*

1.237. *Navesti algoritam* PRENEX.

1.238. *Dokazati da je formula dobijena algoritmom* PRENEX *logički ekvivalentna polaznoj formuli.*

1.239. *Kako se zove postupak kojim se formula prvog reda transformiše u formulu bez kvantifikatora?*

1.240. *Navesti teoremu o skolemizaciji.*

1.241. *Ako je formula* $\mathcal{B}$ *dobijena od formule* $\mathcal{A}$ *skolemizacijom, kakav odnos važi za ove dve formule?*

1.242. *Zašto formula* $\mathcal{A}$ *i formula dobijena od nje skolemizacijom nisu logički ekvivalentne?*

1.243. *Kada za dve formule* $\mathcal{A}$ *i* $\mathcal{B}$ *logike prvog reda kažemo da su slabo ekvivalentne?*

1.244. *Primenom koja tri koraka se dobija klauzalna forma formule* $\mathcal{A}$*?*

1.245. *U kakvom su odnosu formula* $\mathcal{A}$ *i njena klauzalna forma?*

1.246. *Odrediti klauzalne forme za formule:*
(a) $(\exists x)\mathcal{A}_1 \wedge (\exists x)\mathcal{A}_2 \Rightarrow (\exists x)(\mathcal{A}_1 \wedge \mathcal{A}_2)$
(b) $(\forall x)\mathcal{A}_1 \vee (\forall x)\mathcal{A}_2 \Rightarrow (\forall x)(\mathcal{A}_1 \vee \mathcal{A}_2)$
(c) $(\forall x)(\exists y)\mathcal{A} \Rightarrow (\exists y)\mathcal{A}(f(y), y)$

1.247. *Da li je relacija unifikabilnosti tranzitivna?*

1.248. *Navesti primer izraza koji pokazaju da relacija unifikabilnosti nije tranzitivna.*

1.249. *Ako je za neka dva izraza* σ *neki unifikator, a* λ *najopštiji unifikator, kakav onda postoji unifikator* μ*?*

1.250. *Do na šta dva izraza imaju jedinstven najopštiji unifikator?*

1.251. *Kako glasi pravilo* cycle *algoritma* Najopštiji unifikator*?*

1.252. *U kom slučaju je primenljivo pravilo* decomposition *u algoritmu* Najopštiji unifikator*?*

1.253. *U kojim koracima algoritam* Najopštiji unifikator *može da vrati* neuspeh*?*

1.254. *Navesti algoritam* Najopštiji unifikator.

1.255. *Ako dva izraza nisu unifikabilna, da li je moguće da se algoritam* Najopštiji unifikator *ne zaustavi?*

1.256. *Ako dva izraza nisu unifikabilna, da li je moguće da se algoritam* Najopštiji unifikator *zaustavi: (a) sa uspehom? (b) sa neuspehom?*

1.257. *Da li algoritam* Najopštiji unifikator *pripada klasi* P*? Zašto?*

1.258. *Šta je najopštiji unifikator za termove* $f(x, g(a, y))$ *i* $f(z, g(x, z))$ *(*x*,* y *i* z *su simboli promenljivih,* a *je simbol konstante)?*

1.259. *Šta je najopštiji unifikator za termove* $f(x, g(a, z))$ *i* $f(b, g(y, x))$ *(*x*,* y *i* z *su simboli promenljivih,* a *i* b *su simboli konstanti)?*

1.260. *Šta je najopštiji unifikator za termove* $f(a, g(x, y))$ *i* $f(z, g(a, z))$ *(*x*,* y *i* z *su simboli promenljivih,* a *je simbol konstante)?*

1.261. *Odrediti najopštiji unifikator za sledeći skup parova termova:*

$$\{(g(x, h(y, z)), g(u, x)),\ (f(x), f(h(c, v))),\ (g(z, u), g(y, u))\}\ .$$

1.262. *Dokazati da za dva izraza postoji najviše jedan najopštiji unifikator (do na preimenovanje promenljivih).*

1.263. *Koje korake je potrebno primeniti da bi se metodom rezolucije ispitalo da li je formula logike prvog reda* $\mathcal{A}$ *valjana?*

1.264. *Da bi se primenio metod rezolucije u kakvoj formi formula čija se nezadovoljivost ispituje mora da bude?*

1.265. *Navesti pravilo rezolucije za logiku prvog reda.*

1.266. *Šta je rezolventa klauza* $\Gamma' \vee \mathcal{A}'$ *i* $\Gamma'' \vee \neg\mathcal{A}''$ *(*σ *je najopštiji unifikator za* $\mathcal{A}'$ *i* $\mathcal{A}''$*)?*

1.267. *Koji su mogući ishodi primene metoda rezolucije za iskaznu logiku, a koji za logiku prvog reda?*

1.268. *Da li se metod rezolucije za iskaznu logiku i metod rezolucije za logiku prvog reda uvek zaustavljaju?*

1.269. *Navesti svojstva metode rezolucije za iskaznu i predikatsku logiku.*

1.270. *Da li se metodom rezolucije za svaku formulu logike prvog reda koja je valjana može dokazati da je valjana?*

1.271. *Da li se metodom rezolucije za svaku formulu logike prvog reda koja nije valjana može dokazati da nije valjana?*

1.272. *U iskaznoj logici, da li će u konačnom broju koraka biti izvedena prazna klauza, ma kako god se primenjivalo pravilo rezolucije*

- *ako je početni skup klauza zadovoljiv?*
- *ako je početni skup klauza nezadovoljiv?*

1.273. *U logici prvog reda, da li će u konačnom broju koraka biti izvedena prazna klauza, ma kako god se primenjivalo pravilo rezolucije*

- *ako je početni skup klauza zadovoljiv?*
- *ako je početni skup klauza nezadovoljiv?*

1.274. *Ukoliko je skup klauza logike prvog reda nezadovoljiv, onda se iz njega metodom rezolucije (a) uvek mora izvesti prazna klauza; (b) uvek može izvesti prazna klauza; (c) ne može izvesti prazna klauza; (d) nikad ne može izvesti prazna klauza.*

1.275. *Dati su skup* P *od* n *(*$n \geq 1$*) iskaznih slova, skup* $\mathcal{C}$ *svih klauza nad* P *i dva podskupa,* S_1 *i* S_2*, skupa* $\mathcal{C}$*.*
(a) Koliko elemenata ima skup $\mathcal{C}$*?*
(b) Da li je skup $\mathcal{C}$ *zadovoljiv?*
(c) Ako su skupovi S_1 *i* S_2 *zadovoljivi, da li je i skup* $S_1 \cup S_2$ *zadovoljiv?*
(d) Ako su skupovi S_1 *i* S_2 *zadovoljivi, da li je i skup* $S_1 \cap S_2$ *zadovoljiv?*
(e) Ako su skupovi S_1 *i* S_2 *kontradiktorni, da li skup* $S_1 \cup S_2$ *može da bude kontradiktoran?*
(f) Ako su skupovi S_1 *i* S_2 *kontradiktorni, da li skup* $S_1 \cup S_2$ *mora da bude kontradiktoran?*
(g) Ako su skupovi S_1 *i* S_2 *kontradiktorni, da li skup* $S_1 \cap S_2$ *može da bude kontradiktoran?*
(h) Ako su skupovi S_1 *i* S_2 *kontradiktorni, da li skup* $S_1 \cap S_2$ *mora da bude kontradiktoran?*
(i) Ako je skup S_1 *zadovoljiv, da li skup* $\mathcal{C} \setminus S_1$ *može da bude zadovoljiv?*
(j) Ako je skup S_1 *zadovoljiv, da li skup* $\mathcal{C} \setminus S_1$ *mora da bude zadovoljiv?*

1.276. *Dokazati metodom rezolucije za iskaznu logiku da su naredne formule tautologije:*
(a) $q \Rightarrow (p \Rightarrow q)$
(b) $((p \Rightarrow q) \wedge (q \Rightarrow r)) \Rightarrow (p \Rightarrow r)$
(c) $((p \Rightarrow q) \wedge (p \Rightarrow r)) \Rightarrow (p \Rightarrow (q \wedge r))$
(d) $(((p \Rightarrow r) \wedge (q \Rightarrow r)) \wedge (p \vee q)) \Rightarrow r$
(e) $\neg(p \wedge q) \Rightarrow (\neg p \vee \neg q)$
(f) $\neg(p \vee q) \Rightarrow (\neg p \wedge \neg q)$
(g) $(\neg p \vee \neg q) \Rightarrow \neg(p \wedge q)$
(h) $(p \vee (q \wedge r)) \Rightarrow ((p \vee q) \wedge (p \vee r))$

1.277. *Metodom rezolucije za logiku prvog reda dokazati da je naredna formula valjana:*
(a) $(\forall y)((\forall x)p(x) \Rightarrow p(y))$
(b) $(\forall x)p(x) \Rightarrow (\exists x)p(x)$
(c) $\neg(\exists y)p(y) \Rightarrow (\forall y)((\exists x)p(x) \Rightarrow p(y))$
(d) $(\exists x)p(x) \Rightarrow (\exists y)p(y)$
(e) $(\forall x)(p(x) \wedge q(x)) \Leftrightarrow (\forall x)p(x) \wedge (\forall x)q(x)$
(f) $(\forall x)p(x) \vee (\forall x)q(x) \Rightarrow (\forall x)(p(x) \vee q(x))$
(g) $(\exists x)(p(x) \vee q(x)) \Leftrightarrow (\exists x)p(x) \vee (\exists x)q(x)$
(h) $(\exists x)(p(x) \wedge q(x)) \Rightarrow (\exists x)p(x) \wedge (\exists x)q(x)$
(i) $(\exists x)(\forall y)p(x, y) \Rightarrow (\forall y)(\exists x)p(x, y)$.

1.278. *Metodom rezolucije za logiku prvog reda dokazati da je formula* $(H \wedge K) \Rightarrow L$ *valjana, gde je*
$H = (\forall x)(\forall y)(p(x, y) \Rightarrow p(y, x))$
$K = (\forall x)(\forall y)(\forall z)((p(x, y) \wedge p(y, z)) \Rightarrow p(x, z))$
$L = (\forall x)(\forall y)(p(x, y) \Rightarrow p(x, x))$.

1.279. *Koristeći metod rezolucije za logiku prvog reda dokazati da važi:*

$$(\forall x)(p(x) \Rightarrow q(x)), p(c) \models q(c) \ .$$

1.280. *Metodom rezolucije za logiku prvog reda dokazati da je formula* $(\forall x)s(x)$ *logička posledica skupa formula* $\{\forall x(p(x) \Rightarrow q(x)),\ \forall x(q(x) \Rightarrow s(x)),\ \forall x(r(x) \Rightarrow s(x)),\ \forall x(p(x) \vee r(x))\}$.

1.281. *Metodom rezolucije za logiku prvog reda dokazati da je formula* $\forall x \forall y\ (x = y \Rightarrow y = x)$ *logička posledica formula* $\forall x\ (x = x)$ *i* $\forall u \forall v \forall w\ (u = v \wedge w = v \Rightarrow u = w)$.

1.282. *Za narednu formulu metodom rezolucije za logiku prvog reda dokazati da je valjana:*

$$(\forall x)(\mathcal{A}(x) \Rightarrow C) \Leftrightarrow ((\exists x)\mathcal{A}(x) \Rightarrow C)$$

pri čemu je C *rečenica.*

1.283. *Važi sledeće:*
Janko ima psa.
Svaki vlasnik psa voli životinje.
Nijedna osoba koja voli životinje ne može da udari životinju.
Janko ili Marko su udarili mačku čije je ime Tuna.
Svaka mačka je životinja.
Metodom rezolucije za logiku prvog reda dokazati da je Marko udario Tunu.

1.284. *Prevesti na jezik logike prvog reda i dokazati metodom rezolucije za logiku prvog reda sledeće tvrđenje: Ako su svi političari lukavi i ako su samo pokvareni ljudi političari, onda, ako postoji bar jedan političar, onda je neki pokvaren čovek lukav.*

1.285. *Navesti bar tri pravila sistema prirodne dedukcije.*

1.286. *Koliko u sistemu prirodne dedukcije ima pravila koja uvode veznik* $\wedge$*?*

1.287. *Koliko u sistemu prirodne dedukcije ima pravila koja eliminišu veznik* $\wedge$*?*

1.288. *Kako glasi pravilo prirodne dedukcije koje eliminiše negaciju?*

1.289. *Kako glasi pravilo eliminisanja implikacije u sistemu prirodne dedukcije?*

1.290. *Kako glasi pravilo za eliminisanje univerzalnog kvantifikatora u sistemu prirodne dedukcije?*

1.291. *Navesti bar jedno pravilo prirodne dedukcije koje se koristi u logici prvog reda (a ne i u iskaznoj logici).*

1.292. *Šta razlikuje sistem prirodne dedukcije za klasičnu i intuicionističku logiku?*

1.293. *U dokazima prirodnom dedukcijom, šta znači oznaka* $[\mathcal{A}]$*?*

1.294. *U sistemu prirodne dedukcije dokazati da važi* $\mathcal{A} \vee \mathcal{B} \vdash \mathcal{B} \vee \mathcal{A}$.

1.295. *U sistemu prirodne dedukcije dokazati da važi* $\mathcal{A}, \mathcal{B} \wedge \mathcal{C} \vdash \mathcal{A} \wedge \mathcal{B}$.

1.296. *U sistemu prirodne dedukcije dokazati da važi* $\mathcal{A} \wedge \mathcal{B}, \mathcal{C} \vdash \mathcal{A} \wedge \mathcal{C}$.

1.297. *Šta povezuje pojam valjane formule i pojam formule dokazive u prirodnoj dedukciji za klasičnu logiku?*

1.298. *Dokazati da u prirodnoj dedukciji važi* $\mathcal{A} \vee \mathcal{B}, \neg\mathcal{A} \vdash \mathcal{B}$.

1.299. *Dokazati da je formula* $(\mathcal{A} \Rightarrow \mathcal{B}) \Rightarrow (\neg\mathcal{B} \Rightarrow \neg\mathcal{A})$ *teorema sistema prirodne dedukcije za klasičnu logiku.*

1.300. *Dokazati da je formula* $(\mathcal{A} \vee (\mathcal{B} \wedge \mathcal{C})) \Rightarrow ((\mathcal{A} \vee \mathcal{B}) \wedge (\mathcal{A} \vee \mathcal{C}))$ *teorema sistema prirodne dedukcije za klasičnu logiku.*

1.301. *Dokazati da je formula* $\neg(\mathcal{A} \wedge \mathcal{B}) \Rightarrow (\neg\mathcal{A} \vee \neg\mathcal{B})$ *teorema sistema prirodne dedukcije za klasičnu logiku.*

1.302. *U sistemu prirodne dedukcije dokazati* $\mathcal{A} \Rightarrow \mathcal{C}, \mathcal{B} \Rightarrow \rfloor \vdash (\mathcal{A} \vee \mathcal{B}) \Rightarrow \mathcal{C}$.

1.303. *Zapisati sledeće rečenice u logici prvog reda:*
„Svako zadovoljstvo se plaća.“
„Svaki posao se plaća.“
„Neki posao je zadovoljstvo.“
„Nijedno zadovoljstvo nije posao.“

1.304. *Zapisati sledeću rečenicu u logici prvog reda: „Ako onaj ko laže taj i krade i ako bar neko laže, onda neko i krade.“ Potom je dokazati metodom rezolucije.*

1.305. *Zapisati sledeće tvrđenje u logici prvog reda: Ako „ko radi taj ima ili troši“ i „ko ima taj peva“ i „ko troši taj peva“, onda „ko radi taj peva“. Potom ga dokazati metodom rezolucije.*

1.306. *Dokazati metodom rezolucije da je sledeća formula valjana:* $(\forall x)(p(x) \Rightarrow q(x)) \Rightarrow (\forall x)(p(x) \Rightarrow (q(x) \wedge p(x)))$.

1.307. *Zapisati konjunkciju sledećih rečenica kao formulu logike prvog reda i dokazati da je ona nezadovoljiva:*

- *Ako je* X *prijatelj osobe* Y*, onda je i* Y *prijatelj osobe* X *i*
- *Ako je* X *prijatelj osobe* Y*, onda* X *voli* Y *i*
- *Ne postoji neko ko je povredio osobu koju voli i*
- *Osoba* Y *je povredila svog prijatelja* X.

1.308. *Zapisati u logici prvog reda rečenicu: Ako "šta leti to ima krila i lagano je" i "šta pliva, to nema krila", onda "šta pliva, to ne leti". Potom dokazati ovu rečenicu metodom rezolucije.*

1.309. *Na jeziku logike prvog reda zapisati i dokazati metodom rezolucije da je sledeća rečenica valjana: „Ako postoji cipela koja u svakom trenutku odgovara svakoj nozi, onda za svaku nogu postoji cipela koja joj u nekom trenutku odgovara i za svaku nogu postoji trenutak takav da postoji cipela koja joj u tom trenutku odgovara“.*

1.310. *U logici prvog reda*

1. *zapisati rečenicu "svaka dva čoveka se vole ili ne vole" i*
2. *dokazati da je dobijena formula valjana.*

1.311. *U logici prvog reda pokazati da je rečenica "ko rano rani, ceo dan je pospan" logička posledica rečenica "ko rano rani ceo dan je pospan ili dve sreće grabi" i "ko dve sreće grabi, ceo dan je pospan".*

1.312. *Metodom rezolucije pokazati da iz tvrđenja*
„dve nemimoilazne prave se seku ili su paralelne",
„prave koje se seku pripadaju istoj ravni"
i
„prave koje su paralelne pripadaju istoj ravni"
sledi tvrđenje
„dve nemimoilazne prave pripadaju istoj ravni".

1.313. *Metodom rezolucije dokazati da je rečenica*
„Janko ruča kod kuće ili pere sudove u restoranu"
logička posledica rečenica
„Svako ruča kod kuće ili u restoranu",
„ko ruča u restoranu i nema novca, taj pere sudove u restoranu"
i
„Janko nema novca".

1.314. *Metodom rezolucije pokazati da je rečenica*
„Svako dete voli da se igra."
logička posledica rečenica
„Svaki dečak voli da se igra",
„Svaka devojčica voli da se igra."
„Dete je dečak ili je devojčica."

1.315. *Zapisati sledeće rečenice u logici prvog reda i pokazati rezolucijom da su zajedno kontradiktorne:*

- *Ko se vozi avionom, dosta zarađuje.*
- *Ko dosta zarađuje, puno radi.*
- *Janko se vozi avionom.*
- *Janko ne radi puno.*

1.316. *Metodom rezolucije dokazati da je rečenica*
„Pera voli da pleše"
logička posledica rečenica
„Svako ko je srećan voli da peva",
„Svako ko voli da peva, voli da pleše"
i
„Pera je srećan".

1.317. *Pokazati da ako važe sledeće rečenice:*
„svako ima rođaka na moru ili na planini",
„ko ima rođaka na moru, bio je na moru"
i
„ko ima rođaka na planini, bio je na planini"
ne može važiti rečenica
„neko nije bio ni na moru ni na planini".

1.318. *Na jeziku logike prvog reda zapisati sledeće rečenice i rezolucijom dokazati da su skupa nezadovoljive:*

- *„Svaka dva brata imaju zajednickog roditelja."*
- *„Roditelj je stariji od deteta."*
- *„Postoje braća."*
- *„Nijedna osoba nije starija od druge."*

1.9 Nadgledano mašinsko učenje

1.319. *Da li se mašinsko učenje bavi proučavanjem:*
(a) *dedukcije;*
(b) *pretrage;*
(c) *generalizacije;*
(d) *optimizacije.*

1.320. *Kako se naziva proces u kojem se znanje koje važi za neki skup instanci prenosi na neki njegov nadskup?*

1.321. *U čemu se razlikuju nadgledano i nenadgledano učenje?*

1.322. *Kako se zove učenje kod kojeg se algoritmu zajedno sa podacima iz kojih uči daju i željeni izlazi?*

1.323. *Kako se u mašinskom učenju zovu svojstva instanci čije vrednosti se ne mogu prirodno numerički opisati?*

1.324. *Kakve su promenljive koje predviđaju u slučaju klasifikacije, a kakve u slučaju regresije?*

1.325. *Koji od narednih modela su linearni?*

- $y = \beta_1 x + \beta_2 z$
- $y = \beta_0 + \beta_1 x^2 + \beta_2 x^3$
- $\hat{y} = \hat{\beta_0} + \hat{\beta_1} \log(x) + \hat{\beta_1} \log(x)$
- $\hat{y} = \hat{\beta_0} + \hat{\beta_1} \log(x) + \hat{\beta_1} \log(\sin(x))$

1.326. *Ako se učenje vrši sa siromašnim skupom dopustivih modela, da li to može dovesti do loših rezultata?*

1.327. *Ako se učenje vrši sa bogatim skupom dopustivih modela, da li to može dovesti do loših rezultata?*

1.328. *Šta je čest uzrok lošeg ponašnja modela koji ima dobre mere kvaliteta na trening podacima?*

1.329. *Kakvu raspodelu se obično pretpostavlja da ima šum pri korišćenju linearne regresije?*

1.330. *Šta je osnovna mera kvaliteta linearne regresije?*

1.331. *Navesti definiciju srednjekvadratne greške.*

1.332. *Za količine katalizatora od 0,1 i 2 grama, izmerene su brzine hemijske reakcije od 5, 6 i 1 sekunde. Pomoću koeficijenta korelacije oceniti kvalitet linearnog modela t=6-2m dobijenog linearnom regresijom iz datih podataka. Kog znaka je koeficijent korelacije i šta to znači?*

1.333. *Vrednost evra 3. juna je 100 dinara, 4. juna je 101 dinar, a 5. juna je 105 dinara. Pomoću linearne regresije predvideti vrednost evra 6., 7. i 8. juna. Stvarne vrednosti tih dana su bile 105, 106 i 107. Kolika je srednjekvadratna greška tih predviạnja?*

1.334. *U eksperimentu sa daljinskim upravljanjem električnim helikopterom, povećanje napona na elektromotoru za 10, 20 i 30 V rezultovalo je povećanjem brzine za 1, 2 i 6 m/s. Pošto se pretpostavlja da su promene pravca vetra uticale na postignutu brzinu, potrebno je modelovati zavisnost izmeụ povećanja napona i dobitka u brzini linearnim modelom koji najbolje odgovara podacima. Na osnovu tog modela, predvideti povećanje brzine pri povećanju napona za 15, 25 i 35 V.*

1.335. *Instrument meri brzinu tela u padu. Izmerena brzina je 2m/s u polaznom trenutku, 4 dve desetinke kasnije, a 6.9 pola sekunde kasnije (u odnosu na polazni trenutak). Linearnom regresijom odrediti model koji predviđa brzinu tela u buducnosti i proceniti brzinu posle jedne i posle dve sekunde. Na osnovu modela proceniti ubrzanje sa koje Zemljina teza uzrokuje u kretanju tela.*

1.336. *Jedne nedelje januara, u ponedeljak, utorak i petak u podne izmerene su temperature -2, 0 i 1 stepen. Linearnom regresijom proceniti temperaturu u sredu i četvrtak u podne. Koliki je koeficijent korelacije za dobijeni linearni model?*

1.337. *U toku dana praćena je temperatura vazduha. U 8:00 ujutru je bilo 15 stepeni, a u 10:00 je bilo 18 stepeni. Linearnom regresijom odrediti model koji predviđa temperaturu u budućnosti i proceniti temperaturu u 12:00 i 14:00.*

1.338. *Telo se krece po putu konstanantnom brzinom. Nakon jedne sekunde telo je prešlo 6m od starta, nakon 2s 8m, a nakon 3s 10m. Koriteći lineranu regresiju odrediti brzinu tela i na kojoj razdaljini od starta je bilo telo u početnom trenutku.*

1.339. *Navesti barem dva algoritma klasifikacije.*

1.340. *Da li su modeli koje grade metode zasnovane na instancama implicitni ili eksplicitni?*

1.341. *Kako se zove metod klasifikacije koji koristi n instanci za koje je rastojanje do instance koja se klasifikuje najmanje?*

1.342. *Navesti primer funkcije rastojanja koja se može koristiti u metodi n najbližih suseda.*

1.343. *Da li su u metodu n najbližih suseda rezultati bolji za veće vrednosti n?*
Da li u metodu n najbližih suseda kvalitet rezultata zavisi od n?
Da li u metodu n najbližih suseda postoji opšte gornje ograničenje za n?

1.344. *Instanca* $(1,0)$ *pripada klasi* A*, instanca* $(9,1)$ *pripada klasi* B*, a instanca* $(15,19)$ *pripada klasi* C*. Kojoj od ovih klasa bi algoritam n-najbližih suseda pridružio instancu* $(2,2)$ *za* $n=1$*?*

1.345. *Date su instance (1,1,A),(1,2,A),(2,1,A),(2,2,B),(3,3,B),(4,4,B), (4,2,C) i (5,2,C), pri čemu poslednja koordinata predstavlja oznaku klase. Algoritmom 3 najbliža suseda odrediti kojoj klasi pripada instanca (2,4)?*

1.346. *Algoritmom 3 najbliža suseda klasifikovati instance iz trening skupa. Pri tom, koristiti Menhetn rastojanje. Izračunati preciznost, i udele tačno i lažno pozitivnih i tačno i lažno negativnih.*

Trening skup

X_1	X_2	X_3	*Klasa*
1	1	0	A
1	0	2	A
2	2	3	A
3	2	4	B
1	4	3	B
4	3	3	B

Test skup

X_1	X_2	X_3	*Klasa*
0	0	0	A
3	3	3	A
1	3	4	B
4	5	3	B

1.347. *Date su instance (0,0,A), (1,1,A), (1,2,A), (0,2,A), (1,5,B), (4,5, B), (5, 6, B), (5, 2, C), (4, 0, C), pri čemu prve dve koordinate predstavljaju koordinate tačke, a poslednja koordinata predstavlja oznaku klase. Algoritmom 3 najbliža suseda odrediti kojoj klasi pripadaju instance (0, 1, A), (4, 3, B), (3, 1, C)? Kao meru rastojanja koristiti Euklidovo rastojanje u ravni. Odrediti preciznost i udele tačno i lažno pozitivnih.*

1.348. *Anđela pokušava da reši jedan problem pretrage koristeći algoritam A*, ali ne može da se odluči koju od raspoloživih heuristika da izabere. Anđela ima veliku kolekciju test instanci i veruje da izbor najbolje heuristike nekako zavisi od nekih konkretnih svojstava instance. Objasniti kako Anđeli može da pomogne mašinsko učenje.*

1.349. *Koliko ima 2-grama u reči* matematika *i koje su njihove frekvencije u ovoj reči?*

1.350. *Da li, za konačnu azbuku, n-grama za fiksno n ima: konačno mnogo, prebrojivo mnogo ili neprebrojivo mnogo?*

1.351. *Šta čini n-gramski profil instance?*

1.352. *Navesti barem dve funkcije rastojanja koje se mogu koristiti za klasifikaciju n-gramskih profila metodom n najbližih suseda.*

1.353. *Navesti ime barem jednog algoritma za konstrukciju stabla odlučivanja na osnovu skupa instanci za trening.*

1.354. *Navesti algoritam ID3.*

1.355. *Šta vraća algoritam ID3 u slučaju da je lista svojstava prazna?*

1.356. *Šta vraća algoritam ID3 u slučaju da sve ulazne instance pripadaju istoj klasi?*

1.357. *Da li algoritam ID3 ima tendenciju da konstruiše plića ili dublja stabla odlučivanja?*

1.358. *Koje se mere obično koriste za izbor najpogodnijeg svojstva prilikom izgradnje stabla odlučivanja?*

1.359. *Navesti definiciju veličine Entropija*(S).

1.360. *Ako se razmatra entropija kuglica raspoređenih u dve činije, kada je ona najveća, a kada najmanja?*

1.361. *Ako skup sadrži podjednako instanci iz dve klase, kolika je vrednost entropije za taj skup?*

1.362. *Kako se definiše entropija skupa S podeljenog na podskupove veličina* $p_1, p_2, \ldots, p_c$*?*

1.363. *U jednom skupu instanci, verovatnoća da proizvoljna instanca pripada klasi* C_1 *jednaka je 1/4, verovatnoća da pripada klasi* C_2 *jednaka je 1/4, a verovatnoća da pripada klasi* C_3 *jednaka je 1/2. Kolika je entropija ovog skupa?*

1.364. *Kakva su pravila koja se lako mogu izvesti iz stabla odlučivanja?*

1.365. *Na osnovu datih primera, konstruisati stablo odlučivanja za ciljnu promenljiu koja određuje da li je jagoda zrela.*

Boja	Veličina	Zrela
Zelena	Mala	Ne
Crvena	Mala	Da
Zelena	Velika	Ne
Crvena	Velika	Da

1.366. *Konstruisati stablo odlučivanja za sledeće instance koje govore o životinjama. Odgovor detaljno obrazložiti.*

Otrovnost	Boja	Opasna
Otrovna	Zelena	Da
Neotrovna	Zelena	Ne
Otrovna	Crvena	Da
Neotrovna	Crvena	Ne

1.367. *Na osnovu sledećih podataka, konstruisati stablo odlučivanja dubine 1 korišćenjem mere „greška klasifikacije".*

A	2	1	2	1	2	1	2	1
B	1	1	2	3	3	3	1	2
C	2	2	1	2	1	3	3	3
Klasa	+	-	+	+	-	+	-	+

Izračunati preciznost dobijenog stabla odlučivanja na sledećem test skupu.

A	1	1	1	3
B	1	2	2	3
C	1	1	3	1
Klasa	-	+	-	+

1.368. *Konstruisati stablo odlučivanja potrebne dubine koje prepoznaje parnost 4-bitnih brojeva na osnovu njihovih binarnih reprezentacija. Neka se trening skup sastoji od brojeva 1, 3, 6, 9, 12 i 14. Kolika je preciznost ovog stabla na brojevima 2,4,5 i 7?*

1.369. *Na osnovu mere „greška klasifikacije" i datih podataka, odabrati najbolje svojstvo za izgradnju stabla odlučivanja.*

X_1	X_2	X_3	Klasa
T	T	T	A
F	T	T	A
F	T	T	A
F	F	T	A
F	F	F	A
F	F	F	B
T	F	F	B
T	F	F	B
T	T	F	B
T	T	F	B

1.370. *Na osnovu mere „greška klasifikacije" i datih podataka izgraditi stablo odlučivanja dubine 1.*

X_1	X_2	X_3	*Klasa*
T	T	T	B
F	T	T	B
F	T	T	A
F	F	T	A
F	F	F	A
T	F	F	B
T	T	F	B
T	T	F	B
T	F	F	A
T	F	F	A

1.371. *Na osnovu svojstava „ima krila", „leže jaja", „leti" konstruisati stablo odlučivanja koje prepoznaje ptice. Za trening koristiti sledeće životinje: roda, krava, vrabac, slepi miš, noj, zebra, gavran. Kolika je preciznost predviạnja tog stabla na sledećem skupu: kokoška, kornjača, konj, lav?*

1.372. *Na osnovu sledećih podataka, konstruisati stablo odlučivanja korišćenjem mere „greška klasifikacije".*

X_1	X_2	X_3	*Klasa*
A	M	F	C_0
A	D	F	C_0
L	M	F	C_0
L	D	F	C_1
L	M	G	C_0
L	D	G	C_1
A	D	G	C_1

1.373. *Koja je osnovna mera kvaliteta klasifikatora?*

1.374. *Stablo odlučivanja je za 5 instanci ponudilo klase A, A, B, B, A, dok su ispravne klase bile A, A, A, B, B. Kolika je preciznost ovog stabla odlučivanja?*

1.375. *Koji procenat podataka se u mašinskom učenju obično uzima za trening podatke, a koji za test podatke?*

1.376. *Šta se, radi pouzdanije evaluacije klasifikatora, često koristi umesto jednog deljenja na trening i test podatke?*

1.377. *Kako se zove postupak evaluacije modela mašinskog učenja u kojem se skup raspoloživih podataka deli na n delova, a zatim trenira izostavljajući po jedan od njih?*

1.378. *Kako se sprovodi* unakrsna validacija*?*

1.379. *U problemu klasifikacije, za koje instance kažemo da su lažno pozitivne?*

1.380. *Kako se definiše veličina USP (udeo stvarno pozitivnih)?*

1.10 Nenadgledano učenje

1.11 Učenje potkrepljivanjem