

# Zkouškové otázky z 2371100 Strojové vnímání a analýza obrazu

Václav Hlaváč

České vysoké učení technické v Praze

Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky

160 00 Praha 6, Jugoslávských partyzánů 3

<http://people.ciirc.cvut.cz/hlavac>, [vaclav.hlavac@cvut.cz](mailto:vaclav.hlavac@cvut.cz)

15. prosince 2022

Písemka u zkoušky se skládá ze šesti otázek, z nichž každá je hodnocena pěti body. Otázky budou především vybírány náhodně z následujícího seznamu. Při zadávání písemky mohou být otázky modifikovány nebo nahrazeny jinými. Tento seznam otázek se také bude postupně rozšiřovat.

- 
1. Jaké jsou rozdíly mezi analýzou obrazu (počítačovým viděním) na jedné straně a počítačovou grafikou na druhé straně? Uveďte dva příklady, které rozdíly demonstrují.
  2. Interpretace (porozumění) obrazu lze matematicky vyjádřit s využitím přístupu teorie formálních jazyků jako *zobrazení*: *pozorovaná obrazová data*  $\rightarrow$  *model teorie*. Modelem teorie je konkrétní svět, v němž “teorie” platí. Jedné “teorii” může odpovídat více různých světů. Interpretaci lze chápat také jako *zobrazení*: *syntax*  $\rightarrow$  *sémantika*. Při interpretaci je využívána sémantika, tj. znalost o konkrétním světě. V analýze obrazů počítačem obvykle chápeme, že obrazy představují určité objekty. Uveďte dva praktické příklady úloh zpracování obrazu, v nichž je interpretace využívána. Jak je interpretace v těchto úlohách konkrétně využita?
  3. Zpracování signálu a nižší úroveň digitálního zpracování obrazu typicky neinterpretuje zpracovávaná data. Vysvětlete (nejlépe v matematickém vyjádření), co to je interpretace. Co interpretace při zpracování obrazů na jednu stranu přináší a čím použití metod omezuje?
  4. Proč je porozumění obecným (trojrozměrným) scénám v počítačovém vidění těžké? Uveďte několik důvodů se stručným komentářem. (V přednášce bylo uváděno šest důvodů.)
  5. Lokální a globální zpracování.
    - Diskutujte stručně rozdíl mezi lokálním a globálním přístupem v analýze obrazu. Uveďte výhody a nevýhody obojího.
    - Uveďte se stručným komentářem dva příklady lokálních operací.
    - Uveďte se stručným komentářem dva příklady globálních operací.
  6. Vysvětlete pojem spojitá obrazová funkce  $f(x, y)$  nebo  $f(x, y, t)$ . Vysvětlete, co jsou parametry  $x, y, t$ . Uveďte několik příkladů reálných obrazových funkcí sejmутých s pomocí různých fyzikálních principů. Hodnota funkce  $f$  tedy bude odpovídat různým fyzikálním veličinám.
  7. Co je to kvantování obrazu? Jak a v jakém zařízení se kvantování realizuje? Kolik kvantizačních úrovní zhruba rozliší u monochromatického obrazu člověk? Co je v obraze patrné, když je kvantizačních úrovní méně, než by mělo být?
  8. Uvažujte digitalizaci dvojrozměrného obrazu. Zde se stejně jako při digitalizaci jednorozměrného signálu stanovuje vzdálenost ekvidistantních vzorků podle Shannonovy věty o vzorkování. Pro dvojrozměrné obrazy je potřebné kromě stanovení vzdálenosti mezi vzorky (což se řeší podobně jako u jednorozměrného signálu) vyřešit další záležitost. Jakou? Jak se záležitost typicky řeší a jaké výhody či nevýhody tato řešení mají? Poznávám, že se neptám na kvantování.

9. Relace souvislosti mezi dvěma pixely binárního digitálního obrazu (tj. existuje mezi nimi cesta) definuje rozklad obrazu (tj. množiny) na třídy ekvivalence (tj. oblasti). Jaké tři vlastnosti musí relace splňovat, aby byla ekvivalencí. Ověřte platnost těchto tří vlastností pro relaci souvislosti.
10. (a) Definujte (i) oblast a (ii) konvexní oblast ve dvojrozměrném obraze. Nakreslete příklad konvexní a nekonvexní oblasti.  
(b) Definujte konvexní obal.  
(c) Pro nekonvexní oblast z bodu (a) zakreslete konvexní obal.
11. Vysvětlete v souvislosti s obrazy význam pojmů (a) prostorové rozlišení; (b) spektrální rozlišení; (c) radiometrické rozlišení a (d) časové rozlišení.
12. Napište definiční vzorec Shannonovy (též informační) entropie. Vysvětlete veličiny ve vzorci. K čemu se Shannonova entropie používá obecně? Uvažujte šedotónový obraz. Uveďte alespoň dvě použití Shannonovy entropie v digitálním zpracování obrazu.
13. Definujte vzdálenostní transformaci. Slovní definice stačí. Nakreslete příklad binárního  $6 \times 6$  obrázku ve čtvercovém rastru. Do obrázku zakreslete dva nedotýkající se objekty, každý o velikosti 3 pixely. Uvažujte 8-okolí. Doplňte obázek hodnotami vzdálenostní transformace.
14. Proč je algoritmus vzdálenostní transformace tak důležitý v analýze obrazu? Na co se vzdálenostní transformace používá v aplikacích?
15. Při pořizování obrazu trojrozměrného (3D) světa kamerou se geometrie zobrazení reprezentuje modelem dírkové kamery (tj. perspektivní projekcí), ve kterém se 3D bod  $(x, y, z)$  promítne do obrazové roviny jako  $(x', y')$ . Nakreslete odpovídající obrázek (stačí o dimenzi menší, tj. plošný). Předpokládejte, že znáte 3D souřadnice  $(x, y, z)$ , ohniskovou vzdálenost  $f$ , tj. vzdálenost obrazové roviny od středu promítání. Odvoďte vztah pro  $x'$ .
16. K čemu slouží optická soustava (především objektiv) u fotoaparátu. Popište roli objektivu neformálně z fyzikálního hlediska.
17. Fungování objektivu fotoaparátu se obvykle na praktické úrovni vysvětluje teorií geometrické optiky. Za jakých předpokladů se může být zjednodušený model geometrické optiky použit? Podotýkám, že o něco složitější fyzikální model je model vlnové optiky.
18. Srovnajte na konceptuální úrovni z pohledu pořízení obrazu vlastnosti dírkové komory a objektivu složeného z čoček.
19. Vysvětlete, co je přirozená vinětace. Projevuje se přirozená vinětace více u normálních objektivů nebo u širokoúhlých objektivů? Zdůvodněte (v lepším případě odvoďte), proč k přirozené vinětaci dochází.
20. Vysvětlete, co je to radiální zkreslení objektivu. Jak se v sejmutém obraze projevuje a jak se opravuje?
21. Vysvětlete princip telecentrického objektivu. K čemu se používá?
22. Vysvětlete pojem hloubka zaostření (hloubka pole) u optického objektivu. Jaký (obvykle ovladatelný) parametr objektivu umožňuje měnit hloubku zaostření?
23. Představte si, že snímáme 3D scénu, jejíž elementární ploška odráží jistou záři  $L$  do kamery. Na světlocitlivém čipu kamery v pixelu  $x, y$  to odpovídá ozáření  $E$ , které je přímo úměrné hodnotě obrazové funkce  $f(x, y)$ , tj. jasů (přesněji záři). Na jakých vlastnostech elementární plošky a zdrojů světelné energie hodnota  $f(x, y)$  pro pevně zvolená  $x, y$  závisí? Formulujte i předpoklady tohoto radiometrického modelu a nakreslete obrázek.
24. Vysvětlete pojem “dvojsměrová distribuční funkce obrazu” označovaná zkratkou BRDF. K čemu se BRDF používá?
25.
  - Jaké odrazivostní vlastnosti má lambertovský povrch?
  - K čemu se zjednodušené odrazivostních vlastností daných lambertovským modelem používá? Uveďte alespoň dva příklady použití.

26. Co řeší v radiometrii rovnice ozáření? Zkuste úlohu formulovat (asi Vám pomůže, když si nakreslíte obrázek a označíte v něm veličiny) a naznačit myšlenky odvození (vzorce nejsou nezbytně nutné).
27. Charakterizujte předzpracování obrazu. Co je vstupem a výstupem předzpracování obrazu. K čemu předzpracování obrazu slouží? Uveďte tři příklady použití metod předzpracování.
28. Charakterizujte dvojrozměrnou konvoluci. K čemu se dvojrozměrná konvoluce používá v digitálním zpracování obrazu?
29. Zapište vztah pro vyhlazování histogramu  $h_i$ ,  $i = 0, \dots, 255$  pomocí klouzavého průměru pro okno o šířce  $2K + 1$  s reprezentativní hodnotou okna uprostřed.
30. Napište definiční vztah pro přímou a inverzní jednorozměrnou Fourierovu transformaci. Vyjádřete neformálně princip a význam Fourierovy transformace.
31. Jaká je asymptotická výpočetní složitost jednorozměrné Fourierovy transformace. Použijte značení 'velké  $\mathcal{O}$ ' v závislosti na délce  $n$  vstupního diskrétního signálu (posloupnosti).
32. Vysvětlete, co je dvojrozměrná Fourierova transformace, její rozdíl od jednorozměrné (můžete definičním vzorcem nebo neformálně). Jak se dvojrozměrná Fourierova transformace používá ve zpracování obrazu.
33. Fourierova transformace je definována pro periodické signály. Mnohé praktické signály, s nimiž běžně pracujeme, jsou neperiodické. Nazvěte a neformálně vysvětlete dva přístupy, které se zde obvykle používají.
34. Formulujte Shannonovu (též Nyquistovu, Kotelnikovu) větu o vzorkování pro jednodušší případ jednorozměrného signálu. Vysvětlete (stačí neformálně, obrázek pomůže), jak se věta o vzorkování dokazuje (nápopověda: frekvenční spektra).
35. Roztřídte metody předzpracování obrazu do čtyř skupin podle velikosti zpracovávaného okolí právě zpracovávaného pixelu. U každé skupiny uveďte alespoň jeden příklad.
36. Vysvětlete princip jasových korekcí (obvykle se používají k odstranění systematických vad při snímání obrazu), když se uvažuje multiplikatívni model poruchy. Vyjádřete matematicky.
37. Pro vyjádření afinních geometrických transformací obrazu se s výhodou využívají homogenní souřadnice. Vysvětlete, co jsou homogenní souřadnice. Jakou výhodu pro vyjádření afinních geometrických transformací přinášejí. (Nápopověda: Vzpomeňte si na jazyk pro popis stránky PostScript).
38. Vysvětlete myšlenku ekvalizace histogramu. K čemu se ekvalizace histogramu používá ve zpracování obrazu?
39. Necht' je geometrická transformace (zahrnující změnu měřítka, rotaci, posun a zkosení) v rovině popsána afinním vztahem

$$\begin{aligned}x' &= a_0 + a_1x + a_2y, \\y' &= b_0 + b_1x + b_2y.\end{aligned}\tag{1}$$

- (a) Kolik nejméně vřícovacích bodů potřebujete znát, chcete-li spočítat koeficienty afinní transformace (1).
  - (b) V praxi se obvykle použije více vřícovacích bodů, což bude odpovídat přeřícené soustavě rovnic (1). Proč se používá nadbytečný počet vřícovacích bodů?
  - (c) Jakou metodou se obvykle přeřícená soustava rovnic řeší?
40. Při geometrických transformacích diskřétních obrazů je nutné aproximovat hodnotu obrazové funkce  $f(x, y)$ . Proč? Uveďte alespoň dvě metody pro takovou aproximaci (nejlépe obrázkem, vzorcem ...).
  41. Vysvětlete princip interpolace jasu po geometrické transformaci metodou nejbližšího souseda a lineární interpolací. Když nakreslíte obrázek, bude to pro Vás i mě snazší.
  42. Vysvětlete princip bikubické interpolace jasu po geometrické transformaci. Kolik vzorků obrazové funkce budete potřebovat? Když nakreslíte obrázek, bude to pro Vás i mě snazší.

43. Uvažujte filtraci náhodného aditivního šumu v obraze. Odhad správné hodnoty se může počítat jako aritmetický průměr  $n$  zašuměných hodnot. Kolikrát se po filtraci zmenší hodnota šumu vyjádřená směrodatnou odchylkou  $\sigma$ ? Vysvětlete, jaký je statistický princip poklesu šumu (náповěda: centrální limitní věta).

44. 

|   |   |   |    |    |
|---|---|---|----|----|
| 1 | 0 | 0 | 15 | 15 |
| 0 | 1 | 0 | 15 | 14 |
| 0 | 1 | 1 | 4  | 15 |
| 1 | 0 | 0 | 15 | 15 |
| 2 | 3 | 0 | 15 | 14 |

Na obrázku je výřez obrazové funkce. Tučně je ohraničeno okolí, ve kterém se má vypočítat filtrovaná hodnota, tj. filtrační maska. Vypočtete filtrované hodnoty (a) při vyhlazování obyčejným průměrováním a (b) mediánovou filtrací pro právě zpracovávaný pixel ležící ve středu filtrační masky.

45. Uvažujte filtraci šumu v obraze realizovanou konvolucí s maskou rozměru  $11 \times 11$ , která aproximuje gaussovský filtr. Jedná se o lineární operaci? Zkuste své rozhodnutí matematicky zdůvodnit.
46. Vysvětlete vztah pojmů hrana (v obraze), hranový bod (edgel) a hranice oblasti.
47. Formulujte úlohu segmentace dvojrozměrného obrazu. Co je vstupem a co je výstupem? Uveďte dva příklady segmentačních úloh a metod pro ně vhodných.
48. Vysvětlete v kontextu úloh segmentace dvojrozměrného obrazu pojem oblast a pojem objekt. Nanačte konkrétní segmentační úlohu a napište, jaký je v ní vztah mezi těmito dvěma pojmy.
49. Segmentace se opírá o sémantiku konkrétní úlohy, tedy o apriorní schopnost využít interpretace obrazu. Ukažte na příkladě, jak konkrétně se tím zpracování obrazu zjednoduší.
50. Vysvětlete pojmy úplná a částečná segmentace. Použijte k tomu matematický formalismus. Uveďte jeden příklad na úplnou a jeden příklad na částečnou segmentaci.
51. Pro usnadnění segmentace se často používá zadní osvětlení, a to zejména v průmyslových aplikacích, např. v digitálních profilprojektorech. Zde je možné měřit rozměry nebo odchylky od tvaru přesněji, než vyplývá z Shannonovy věty o vzorkování. Lze dosáhnout podpixlové přesnosti. Vysvětlete jak a ilustруйте myšlenku na příkladě.
52. Rozdělte metody segmentace do základních kategorií (např. čtyř). Každou z nich pojmenujte a velmi stručně charakterizujte.
53. Při segmentaci prahováním bychom rádi určovali velikost prahu automaticky. Je to obvykle možné, když se hledané objekty ve scéně intenzitou výrazně liší od pozadí. Jak se v tomto případě obvykle hledá nejlepší práh? Kdy metoda selhává?
54. Pro segmentaci (nalezení hranic oblastí) lze využít výstup detektoru hran. Popište myšlenku takového postupu. Jaké má tento přístup problémy a jakými postupy se jim čelí?
55. Vysvětlete princip metody  $k$ -průměrů (angl.  $k$ -means) a její hlavní vlastnosti. Jak se metoda použije pro segmentaci obrazu?
56. Vysvětlete princip segmentace obrazu metodou trasování průměrů (anglicky mean-shift).
57. Vysvětlete, co je statistické rozpoznávání (též strojové učení). Co je cílem? Co je vstupem? Co je výstupem?
58. Stručně vysvětlete pojmy objekt (vzor), popis objektu příznaky, vektor příznaků, skrytý stav (speciálněji klasifikační třída), klasifikátor.
59. Vysvětlete, proč se ve statistickém rozpoznávání (též strojovém učení) nejčastěji klasifikátory učí empiricky.
60. Uvažujte úlohu statistického rozpoznávání (strojového učení). Vysvětlete učení klasifikátoru s učitelem a učení bez učitele. Uveďte alespoň jeden příklad použití pro každý z nich.
61. Uvažujte statistické rozpoznávání (strojové učení). Vyjádřete rozdíl mezi klasifikací a regresí.

62. Ve statistickém rozpoznávání se uvažuje, že pozorované objekty lze vyjádřit jako bod v mnohorozměrném vektorovém prostoru. Čím jsou tvořeny souřadnice tohoto bodu odpovídajícího objektu?
63. Formulujte úlohu bayesovského rozhodování. Jaké jsou předpoklady pro použití bayesovského přístupu? Co je v bayesovské formulaci statistickým modelem popisované rozhodovací úlohy?
64. Proč není bayesovská úloha statistického rozhodování přes její obecnost a krásu bezprostředně prakticky použitelná? Náповěda: souvisí to se statistickým modelem.
65. Jaké úlohy se umí ve statistickém rozpoznávání? Formulujte základní úlohy.
66. Jaký je rozdíl mezi množinou a multimnožinou? Vysvětlete, proč trénovací data jsou multimnožinou a ne množinou.
67. Experimentální ohodnocení klasifikátoru. Co je to matice chyb (angl. confusion matrix) pro případ klasifikace do dvou tříd (též dichotomická klasifikace)?
68. Experimentální ohodnocení klasifikátoru. Co je to matice chyb (angl. confusion matrix) pro případ klasifikace do více než dvou tříd? Ukažte příklad jednoduché úlohy a matice chyb pro ni.
69. Experimentální ohodnocení klasifikátoru. ROC-křivka: vysvětlení pojmu a použití.
70. Vysvětlete princip lineárního klasifikátoru, který se učí perceptronovým algoritmem. Kdy algoritmus konverguje?
71. Uvažujte lineární klasifikátor a jeho učení perceptronovým algoritmem. Jaké jsou myšlenky důkazu konvergence perceptronového algoritmu (Novikoffova věta neformálně)?
72. Vysvětlete základní myšlenku lineárního klasifikátoru na principu podpůrných vektorů (SVM, support vector machine) pro jednoduchý případ lineárně separovatelné trénovací množiny. Možná pomůže ilustrační obrázek. Jak se řeší situace, když data v trénovací množině nejsou separovatelná?
73. Učení bez učitele a EM algoritmus. Formulujte úlohu a vysvětlete princip algoritmu. Konverguje algoritmus ke globálnímu řešení a proč?
74. 3D počítačové vidění. Formulujte úlohu (případně několik úloh). Co je vstupem, co je výstupem úloh 3D počítačového vidění?
75. David Marr (1945-1980, autor nového modelu vizuálního zpracování, vlivný pro oblast výpočetní neurovědy) formuloval úlohu 3D počítačového vidění, která ji dovolila zkoumat vědeckými metodami. Vysvětlete její základní myšlenky. Opřete se o pojmy vstupní ikonický obraz, prvotní náčrtek, dvou a půl rozměrný náčrtek, 3D reprezentace vztažená k objektu.
76. Marrův model porozumění vizuálnímu obrazu 3D scény zůstává již od osmdesátek jedinou širěji přijímanou teorií, i když její použitelnost je velmi omezená. Marrův podnět vedl k rozvoji metod souhrnně nazývaných shape from X (tvar z). Vyjmenujte alespoň pět takových metod.
77. Jedním z široce používaných výsledků Marrova modelu porozumění vizuálnímu obrazu 3D scény je tvar ze stínování, také tvar z pohybu (angl. shape from shading, shape from motion, SfM). Formulujte, jakou úlohu SfM řeší.
78. Vysvětlete, co je projektivní prostor.
79. Co jsou homogenní souřadnice? Jaká je hlavní výhoda použití homogenních souřadnic při jejich použití pro projekci?
80. Co je to homografie? Jaká jsou dvě nejběžnější použití homografie v počítačovém vidění? Formulujte tyto dvě úlohy a napište, na co se používají.
81. 2D homografie zobrazuje rovinu na rovinu.

$$\alpha \begin{bmatrix} u' \\ v' \\ 1 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \alpha \neq 0,$$

kde  $H = [3 \times 3]$  je matice homografie. Popište, jak získáte hodnoty matice homografie  $h_{11}, \dots, h_{33}$  z korespondencí ve dvojici obrázků vázaných 2D homografií. Stačí myšlenka výpočtu. Nepotřebují vzorce. Neodvozujte.

82. Projektivní transformaci lze vyjádřit v maticovém tvaru jako matici  $M$  o třech řádcích a čtyřech sloupcích. Co je vstupem a výstupem takto vyjádřené projektivní transformace. Napište vztah.

83. Projektivní matici  $M$  lze faktorizovat (tj. vyjádřit jako součin dílčích matic).

$$\mathbf{u} \simeq M \mathbf{X} = K \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R & -R\mathbf{t} \\ \mathbf{0}^\top & 1 \end{bmatrix} \mathbf{X}.$$

Pojmenujte dílčí matice a napište k čemu jsou.

84. Co je matice vnitřních kalibračních parametrů  $K$ . Napište ji a vysvětlete její parametry.

85. Vnější kalibrační parametry jsou popsány rotační maticí  $R$  a vektorem  $\mathbf{t}$ . Vysvětlete, k čemu tyto parametry jsou. Jak se vnější kalibrační parametry stanovují?

86. Uvažujte dvě perspektivní kamery. Co je epipolární omezení a jaký je jeho význam? Vyjádřete obrázkem.

87. Jak se epipolární omezení vyjadřuje matematicky (náповěda: bilineární transformace)? Napište.

88. Formulujte úlohu korespondence v analýze (intenzitních) obrazů. Co úloha korespondence hledá? Co je vstupem? Co je výstupem?

89. K čemu se v analýze (intenzitních) obrazů a ve 3D počítačovém vidění používají algoritmy hledání korespondence?

90. Úloha korespondence (intenzitních) obrazů je v úlohách 3D vidění z principu špatně podmíněná. Napište tři možné příčiny pro tuto špatnou podmíněnost.

91. Jaké algoritmy se používají pro hledání korespondencí mezi dvěma intenzitními obrazy? Napište dva kvalitativně odlišné algoritmy. První algoritmus nepředpokládá nic dalšího, než že část obrazů se překrývá. Druhý algoritmus využije jisté (v předmětu probírané) znalosti k principiálnímu zjednodušení algoritmu hledání korespondence.

92. Jaké senzory používané v robotice, např. samořiditelných autech, měřící hloubku v obraze pracují na principu doby letu energie?

93. Výsledkem pořízení hloubkové mapy např. stereo kamerou, lidarem nebo radarem je mrak bodů v souřadné soustavě pozorovatele. Hloubková mapa je mrakem bodů s  $(x, y, z)$  souřadnicemi. Jaké údaje, vztahy u takové hloubkové mapy postrádáme, abychom s nimi mohli dále pracovat?

94. Pro registraci překrývajících se mraků bodů (nebo hloubkových map) se používá ICP (Iterative Closest Points) algoritmus. Vysvětlete předpoklady jeho použití, základní myšlenku, vlastnosti. Jaké předpoklady data musí splnit, abyste mohli ICP algoritmus použít?

95. Jaké senzory používané v robotice, např. samořiditelných autech, měřící hloubku v obraze pracují na principu triangulace?

96. Vysvětlete stručně princip fungování radaru.

97. Vysvětlete stručně princip fungování lidarů.

98. Uvažujme tuto definici robotu: "Robot je fyzikálně vtělené, uměle inteligentní autonomní zařízení se schopností vnímat své okolí a konat (ovlivňovat) ho pro dosažení cílů." Vysvětlete stručně pojmy: fyzikálně vtělené, uměle inteligentní a autonomní.

99. Jaké dovednosti má z hlediska umělé inteligence a robotiky poskytovat inteligence? Napište jen názvy dovedností. (Náповěda: v přednášce jsem jich uvedl osm.)

100. Roboty ovlivňují svůj svět akčními členy (angl. effectors) Vysvětlete rozdíl mezi akčním členem a pohonem. Uveďte dva příklady akčních členů.
101. V průmyslových robotech se nejčastěji používají tři druhy pohonů: elektrické, hydraulické a pneumatické. Napište hlavní výhody a nevýhody každého z nich.
102. Je mnoho druhů elektrických pohonů (motorů). Napište základní rozdělení elektrických motorů ve formě stromu. U nejdůležitějších motorů ve Vašem třídění napište stručně jeho výhody a nevýhody.
103. Vysvětlete pojem přímá kinematická úloha. Co je jejím vstupem a výstupem? Lze ji spočítat vzorcem pro otevřený kinematický řetěz (obvyklý průmyslový manipulátor)?
104. Vysvětlete pojem inverzní kinematická úloha. Co je jejím vstupem a výstupem? Lze ji spočítat vzorcem pro otevřený kinematický řetěz (obvyklý průmyslový manipulátor) se šesti stupni volnosti? Okomentujte okolnosti tohoto výpočtu.
105. Když potřebujeme naplánovat pohyb robotu, rozlišme plánování cesty (globální plán) a trajektorii (lokální plán). Jaké algoritmy se používají na plánování cesty? Vyjmenujte a stručně popište princip.
106. Když potřebujeme naplánovat pohyb robotu, rozlišme plánování cesty (globální plán) a trajektorii (lokální plán). Jaké algoritmy se používají na vytvoření trajektorie? Vyjmenujte a stručně popište princip.
107. Configuration space ( $\mathcal{C}$ -space) is used to represent the movement of the robot in its world. Explain what a configuration space is. What are the advantages and disadvantages of using it?
108. Nakreslete blokové schéma kognitivního (přemýšlivého, angl. deliberative) robotu a zpětné vazby v něm.
109. Architektury řízení robotů. Přemýšlivá, též klasická (angl. deliberative) vs. reflexní. Vysvětlete stručně oboje a uveďte výhody a nevýhody u obou.
110. Zpětná vazba a její význam obecně. Potom speciálněji, co umožňuje zpětná vazba při řízení dynamických systémů? Jak zavedení zpětné vazby ovlivňuje požadavky na znalost modelu řízené soustavy? Uveďte příklad.
111. Co je silově/momentově poddajný robot (manipulátor)? Čím se dosahuje silově/momentově poddajnosti? Které nové aplikace silově/momentově poddajné přinášejí?
112. Co je to mechanická impedance? V čem je podobná elektrické impedanci?
113. Jak se vytvoří aktivní poddajný aktuátor (nápopěda: např. jeden stupeň volnosti silově/momentově poddajného robotu)? Uvažujte jen mechanickou vazbu.
114. Uveďte základní principy taktilních sensorů a naznačte jejich princip.