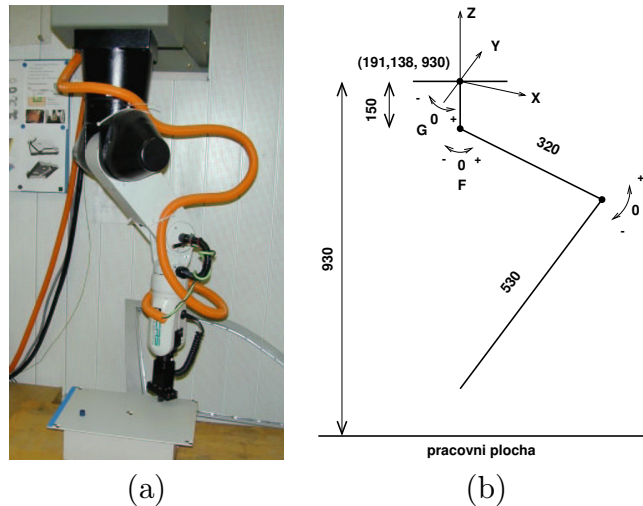


# 33IRO – Inteligentní robotika (zima 2001): Zadání samostatné práce<sup>1</sup>

Cílem samostatné práce je **vyřešit inženýrský problém** motivovaný inteligentní robotikou a řešení **formálně správně písemnou formou prezentovat**.



Obrázek 1: (a) Manipulátor ve scéně. (b) Kinematika manipulátoru.

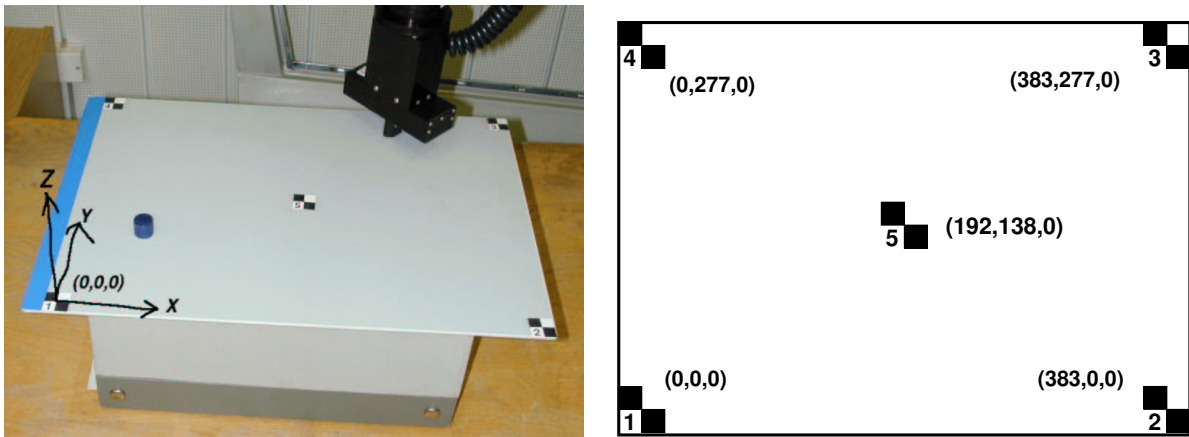
Kloub	Rozsah ve stupních	Počet kroků
E	-100 až 100	0 až 100
F	-100 až 100	0 až 100
G	-170 až 170	0 až 100

Tabulka 1: Rozsahy kloubů manipulátoru.

**Situace** Manipulátor a pracovní plocha se nacházejí ve scéně, jak ukazuje obrázek 1(a). Kinematika manipulátoru 1(b) má tři stupně volnosti, které jsou nastavovány krokovými motory, jejichž parametry jsou dány v tabulce 1. Poloha manipulátoru je tak dána třemi polohami krokových motorů. Nazvěme je kloubovými souřadnicemi manipulátoru. Pro jednoduchost uvažujme, že manipulátor je nehmotný, takže sám nemůže narazit do žádné překážky ani do sebe sama a jeho pohyb je omezen pouze rozsahy a velikostí kroku jeho kloubů.

Manipulátor je vybaven proximitním čidlem, které dovolí detekovat, zda se konec manipulátoru přiblížil k překážce. Čidlo funguje tak, že se v každé poloze robota lze dotázat, zda změna polohy robota odpovídající jednomu kroku některého z krokových motorů nezpůsobí náraz do překážky. Jinými slovy, čidlo detekuje přítomnost překážky ve vzdálenosti jedna od jeho konce a to v **L1** metrice v trojdimenzionálním prostoru jeho kloubových souřadnic.

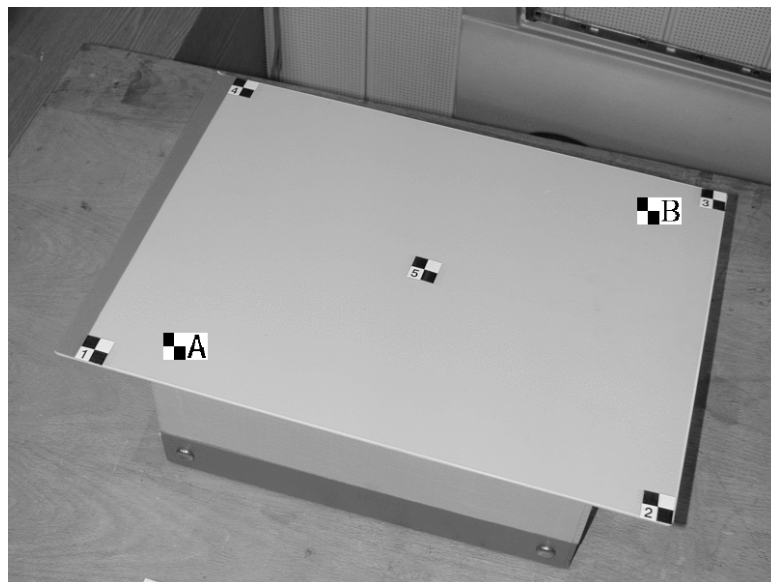
<sup>1</sup><http://cmp.felk.cvut.cz/cmp/courses/iro2001/iro2001-zadani>



Obrázek 2: Souřadná soustava pracovní plochy.

Manipulátor je umístěn ve scéně ve známé poloze vůči pracovní ploše scény, ve které se nacházejí značky, které definují souřadnou soustavu pracovní plochy, jak je ukázáno na obrázku 2. Báze  $(x,y,z)$ , která je na obrázku 2 znázorněna, je stejná, jako báze souřadné soustavy pracovní plochy.

Scéna je pozorována neznámou perspektivní kamerou, která se nachází na neznámé pevné pozici. Kamera pozoruje celou pracovní plochu robota, takže v každém jejím obraze jsou viditelné všechny značky v pracovní ploše.



Obrázek 3: Pozorovaná scéna.

Konec manipulátoru se nachází ve známé počáteční pozici, označme ji písmenem **A**. Pozice je zadána v kartézských souřadnicích robota. V bodě **B**, jehož pozice známa není, ale který je

pozorován kamerou, se nachází předmět, jenž je třeba přemístit do bodu **A**. Pro jednoduchost předpokládejme, že předmět má formu hmotného bodu, jehož uchopení lze uskutečnit tak, že do bodu **B** umístíme konec manipulátoru. Zatímco manipulátor je nehmotný a překážkami prochází, hmotný bod jimi neprojde.

Mezi okamžikem sejmутí obrazu scény a okamžikem přemístění robota může být do scény umístěna překážka. Informaci o výskytu překážky v nějakém bodě lze získat pouze tak, že se konec manipulátoru ocitne v tak blízkém okolí překážky, ve kterém může být překážka detekována proximním čidlem.



Obrázek 4: Přemístění předmětu.

**Úloha** Přemístěte předmět z pozice **B** do pozice **A** tak, aby robot urazil co nejmenší dráhu a nenarazil předmětem do překážky, analogicky k trajektorii ukázané na obrázku 4.

Vyřešte problém obecně, pro libovolný tvar překážky. Informace o tvaru překážky v každé konkrétní úloze vám umožní simulovat řešení, abyste mohli ověřit a demonstrovat váš postup v experimentu. Znalost tvaru překážky nesmíte použít k vlastnímu plánování trajektorie. Manipulátor se o překážce může dozvědět pouze jejím „ohmatáváním“ proximitním čidlem.

**Parametry konkrétních úloh** Trojice studentů zpracovává úlohu danou číslem skupiny. Příslušné parametry úloh jsou v tabulce 2.

Číslo skupiny	Překážka	Poloha robota a předmětu
01	scb01.txt <sup>2</sup>	lrpp01.bmp <sup>3</sup> (lrpp01.gif <sup>4</sup> )
02	scb02.txt <sup>5</sup>	lrpp02.bmp <sup>6</sup> (lrpp02.gif <sup>7</sup> )
03	scb03.txt <sup>8</sup>	lrpp03.bmp <sup>9</sup> (lrpp03.gif <sup>10</sup> )
04	scb04.txt <sup>11</sup>	lrpp04.bmp <sup>12</sup> (lrpp04.gif <sup>13</sup> )
05	scb05.txt <sup>14</sup>	lrpp05.bmp <sup>15</sup> (lrpp05.gif <sup>16</sup> )
06	scb06.txt <sup>17</sup>	lrpp06.bmp <sup>18</sup> (lrpp06.gif <sup>19</sup> )
07	scb07.txt <sup>20</sup>	lrpp07.bmp <sup>21</sup> (lrpp07.gif <sup>22</sup> )
08	scb08.txt <sup>23</sup>	lrpp08.bmp <sup>24</sup> (lrpp08.gif <sup>25</sup> )
09	scb09.txt <sup>26</sup>	lrpp09.bmp <sup>27</sup> (lrpp09.gif <sup>28</sup> )
10	scb10.txt <sup>29</sup>	lrpp10.bmp <sup>30</sup> (lrpp10.gif <sup>31</sup> )
11	scb11.txt <sup>32</sup>	lrpp11.bmp <sup>33</sup> (lrpp11.gif <sup>34</sup> )
12	scb12.txt <sup>35</sup>	lrpp12.bmp <sup>36</sup> (lrpp12.gif <sup>37</sup> )
13	scb13.txt <sup>38</sup>	lrpp13.bmp <sup>39</sup> (lrpp13.gif <sup>40</sup> )
14	scb14.txt <sup>41</sup>	lrpp14.bmp <sup>42</sup> (lrpp14.gif <sup>43</sup> )
15	scb15.txt <sup>44</sup>	lrpp15.bmp <sup>45</sup> (lrpp15.gif <sup>46</sup> )
16	scb16.txt <sup>47</sup>	lrpp16.bmp <sup>48</sup> (lrpp16.gif <sup>49</sup> )
17	scb17.txt <sup>50</sup>	lrpp17.bmp <sup>51</sup> (lrpp17.gif <sup>52</sup> )
18	scb18.txt <sup>53</sup>	lrpp18.bmp <sup>54</sup> (lrpp18.gif <sup>55</sup> )
19	scb19.txt <sup>56</sup>	lrpp19.bmp <sup>57</sup> (lrpp19.gif <sup>58</sup> )
20	scb20.txt <sup>59</sup>	lrpp20.bmp <sup>60</sup> (lrpp20.gif <sup>61</sup> )
21	scb21.txt <sup>62</sup>	lrpp21.bmp <sup>63</sup> (lrpp21.gif <sup>64</sup> )
22	scb22.txt <sup>65</sup>	lrpp22.bmp <sup>66</sup> (lrpp22.gif <sup>67</sup> )
23	scb23.txt <sup>68</sup>	lrpp23.bmp <sup>69</sup> (lrpp23.gif <sup>70</sup> )
24	scb24.txt <sup>71</sup>	lrpp24.bmp <sup>72</sup> (lrpp24.gif <sup>73</sup> )
25	scb25.txt <sup>74</sup>	lrpp25.bmp <sup>75</sup> (lrpp25.gif <sup>76</sup> )

Tabulka 2: Parametry úloh.

Soubory scb??.txt obsahují definice scény. Scéna se skládá ze čtyř kvádrů. Horní plocha prvního kvádrů definuje pracovní plochu, na které leží značky a překážka, která je definována zbylými třemi kvádry. Kvádry jsou definovány svými osmi vrcholy, jejichž souřadnice jsou zadány v textovém souboru tak, že na každém řádku se nacházejí souřadnice  $x$   $y$   $z$  jednoho

vrcholu. Prvních osm řádků souboru definuje vrcholy prvního kvádrů, druhých osm řádků definuje vrcholy druhého kvádrů a tak dále. Vnitřky kvádrů jsou pro předmět, který má být robotem přenesen, neprostupné.

Soubory `lrpp???.bmp` obsahují obraz pracovní plochy manipulátoru s vyznačenými body **A** a **B** a značkami, u nichž je známa jejich poloha v kartézských souřadnicích scény.