



České vysoké učení technické
v Praze
Fakulta biomedicínského inženýrství



Úloha KA03/č. 5:

**Měření kinematiky a dynamiky pohybu osoby v
prostoru pomocí ultrazvukového radaru**

Metodický pokyn pro vyučující se vzorovým protokolem

Ing. Patrik Kutílek, Ph.D., Ing. Adam Žížka
(kutilek@fbmi.cvut.cz, zizka@fbmi.cvut.cz)

Poděkování:

Tato experimentální úloha vznikla za podpory Evropského sociálního fondu v rámci realizace projektu „Modernizace výukových postupů a zvýšení praktických dovedností a návyků studentů oboru Biomedicínský technik“, CZ.1.07/2.2.00/15.0415.

Období realizace projektu 11. 10. 2010 – 28. 2. 2013.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Měření kinematiky a dynamiky pohybu osoby v prostoru pomocí ultrazvukového radaru

Zadání úlohy

- 1) Určete translační rychlosti a zrychlení vybraného segmentu těla, a těla jako celku ultrazvukovým systémem

Měření kinematiky a dynamiky probanda v prostoru pomocí ultrazvukového radaru. Změřte kinetickou energii pohybu celého těla probanda, maximální sílu probanda při úderu/pohybu paže a reakce (k této síle) v zápěstí a v lokti.

K záznamu a změření pohybu kloubu použijte program CMA Coach 6 a ultrazvukový radar.

Naměřená data zpracujte v programu MS Excel.

Měření a výsledky uveďte do protokolu.

Pomůcky

PC s nainstalovanými programy CMA Coach 6 a MS Excel

Ultrazvukový radar

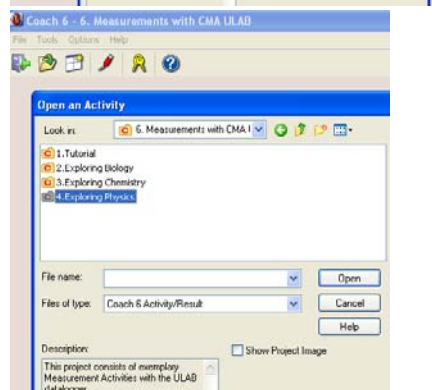
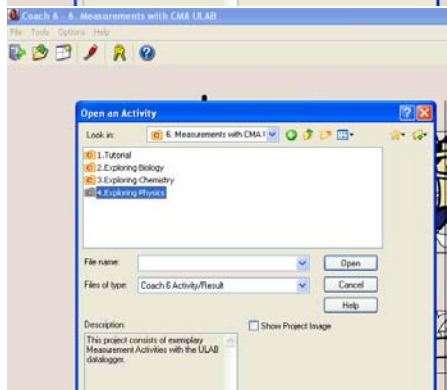
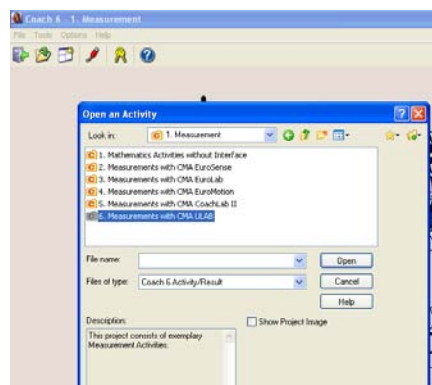
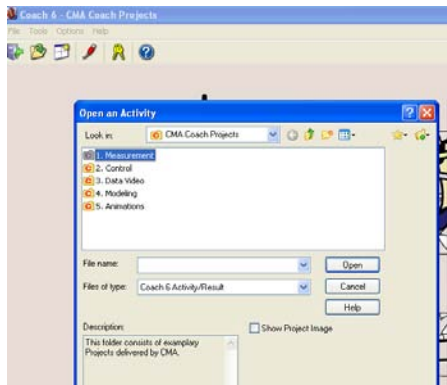
Proband

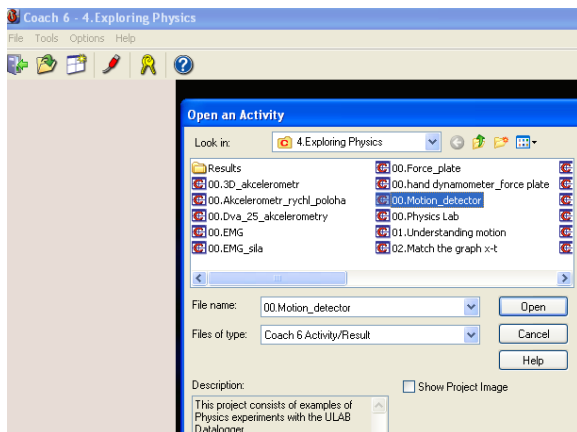
Postup vypracování úlohy

Připojení ULAB a siloměrné desky k PC s programem CMA Coach 6. Na obrázcích ULAB a ultrazvukový radar:



Posloupnost spuštění programu CMA Coach 6 pro záznam a vyhodnocení pohybu ultrazvukovým radarem je na následujících obrázcích:





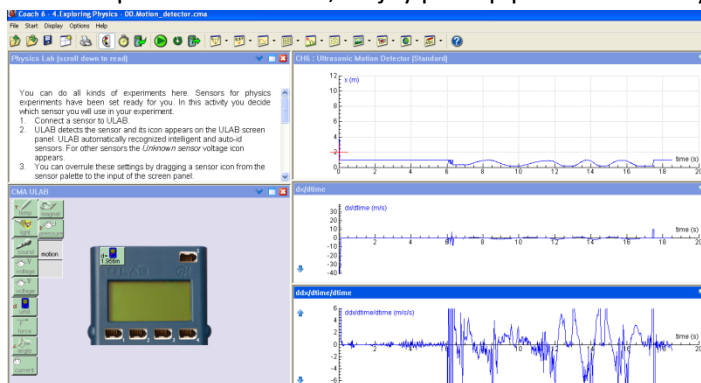
Ultrazvukovým radarem je zaznamenáváno:

a) pohyb celého těla probanda směrem od ultrazvukového radaru,

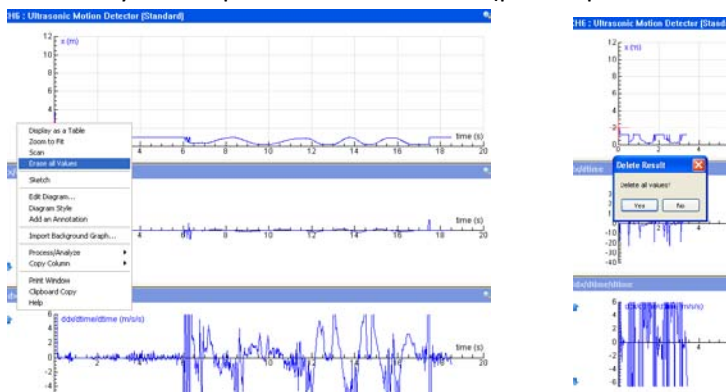
b) pohyb paže probanda směrem k ultrazvukovému radaru v náznaku úderu (viz. následující obrázek).



Spuštění nahrávání, stejný postup pro obě varianty.



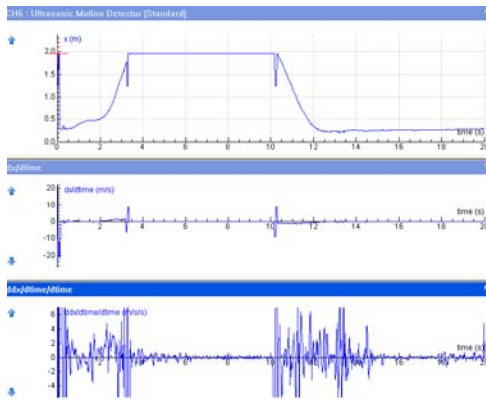
Vymazání předchozího záznamu (před započítím měření je potřeba systém "vynulovat"):



Naměření dat (spuštění měření tlačítkem „Start“).

Záznam aktuálního měření.

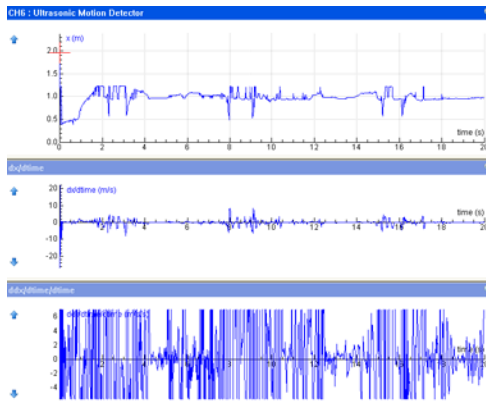
a) celého těla probanda



00_Motion_detector_celo_telo.txt Poznámkový blok

"t,time"	"x"	"dx/dt,time"	"ddx/dt,time/dt,time"
"s"	"m"	"m/s"	"m/s^2"
0	1.95331382751464844	-34.8820873252582607	1466.02718659611807
0.01999999955296516	1.95664715766906738	20.9747897217451119	-1564.67175995212049
0.03999999910593033	1.23732076168063033	0.0833325572111705	282.28888153086059
0.0599999985989549	1.95998048782348633	-20.8081231202988778	-524.473933346114092
0.07999999821186066	1.95998048782348633	-12.29987730756127777	-264.164058193447675
0.1000000149011612	0.29199710488319397	0.29199710488319397	257.28908526653211
0.11999999731779099	0.273305990695934	-21.649780927390524	134.998458206276549
0.1400000059604645	0.28133052187709455	0.066665337760813	11.14572432070350334
0.15999999642372121	0.273305990695934	-0.2345979401078757	263.01821666644177
0.1800000715215757	0.273305990695934	0.0999990178200491	263.33079055632726
0.2000000298023224	0.273305990695934	0.058329219821904	8.43741641804868174
0.2199999988079071	0.28133052187709455	0.066665337760813	11.14572432070350334
0.23999999463558197	0.28133052187709455	0.44999541789197699	4.374953370627702822
0.259999990465276884	0.27733057737350464	0.99165661925220533	-0.72918041593970691
0.280000011920929	0.30666308617591858	0.4085914484846406	-10.93738423685199864
0.300000011920929	0.30666308617591858	-0.04166704694891443	-23.645605163811686
0.31999999284744263	0.2186634778976404	-0.42499605429242623	-10.62488899998081513
0.34000000357627869	0.273305990695934	0.05999181677113195	5.4165977229700080
0.36000001430111475	0.28866380453109741	0.3916624477568348	9.2707967877858629
0.3799999923216284	0.273305990695934	0.1083222093519219	5.831800012644296
0.4000000059604645	0.30533027648925781	-0.158331948768169	-8.22907963610210241
0.41999999688997815	0.28466382622718811	0.0250000527477071	-0.7291566906931908
0.43999999761581421	0.273305990695934	0.7466667877490512	3.8413107150849467
0.45999999034465027	0.28533050417900085	0.0499997454381354	0.416654568432275
0.4799999927116394	0.28399717807769775	0.149999472630659	4.2707862226274366
0.5	0.28399717807769775	0.058324673035318	0.5208243227852759
0.5199999892651367	0.28799721265792867	0.0719999023768384	0.6249929169821859
0.54000002145767212	0.28999710083007812	0.09166571671736837	1.770826432942731
0.5600000238418579	0.28999710083007812	0.199999806285008397	0.72916088263838687

b) pohyb paže probanda



01_Motion_detector_Ruka.txt Poznámkový blok

"t,time"	"x"	"dx/dt,time"	"ddx/dt,time/dt,time"
"s"	"m"	"m/s"	"m/s^2"
0	1.95331382751464844	-58.766081380085976	1227.38364982029851
0.01999999955296516	0.39132943749427795	40.024589848300576	-1375.40281816241478
0.03999999910593033	0.3886027823616715	-19.466474799697018	737.59683911190171
0.0599999985989549	1.2226544628606563	0.6416625256701683	-638.742608970418129
0.07999999821186066	0.39199906394767761	0.241664429940233	249.268849227384319
0.1000000149011612	0.44266226887702942	-10.17489731587665189	-10.52073216104445495
0.11999999731779099	0.40799918954765074	0.42499501726750146	0.8332463010597653
0.1400000059604645	0.4086625874042511	-0.19999827705221139	134.477823634914636
0.15999999642372121	0.43399566411977046	0.3083303988906287	-5.2082760307352154
0.1800000715215757	0.45866241526603699	0.5832762432531795	4.16662147427579299
0.2000000298023224	0.43266236782073975	0.05833286611930394	-0.8332769612778607
0.2199999988079071	0.43532879233360291	0.1333189288745076	-7.08426899897008328
0.23999999463558197	0.43866229657312012	0.24166402326297038	3.1249892197873142
0.259999990465276884	0.43732896447181702	0.0166662238440557	2.0831064012728569
0.280000011920929	0.4519949098150635	0.30833035465373737	-1.14581991297580594
0.300000011920929	0.43866211843400601	0.2999910944018036	1.6868477193574332
0.31999999284744263	0.46332871913909012	0.14999851609214988	-4.5832891785596605
0.34000000357627869	0.46132874488850566	0.149998475650659	-4.06246025757574104
0.36000001430111475	0.46399536728518948	-0.058328768816418	-3.4374643430111948
0.3799999923216284	0.46866199374198014	-0.02499968335025837	-1.1458259942172227
0.4000000059604645	0.45866209268569946	-0.12499878928040042	4.895789229956354
0.41999999688997815	0.45932877963751212	0.0583250179091563	1.14581793199964458
0.43999999761581421	0.4539954662322988	0.33333010474773446	4.79162404337266239
0.46000000834465027	0.47332862019538879	0.0666571051128846	-0.4166627000401579
0.4799999927116394	0.48532849510047192	0.3383104469693875	5.1041255316752733
0.5	0.46466204324040222	0.02499949398368519	3.02080148364707074
0.5199999892651367	0.47466194629669189	-0.07499953744144849	-4.062460609694659
0.54000002145767212	0.47573496466827274	0.30833035465373737	-5.2082760307352154

Ukončení měření a uložení naměřených dat.

Zjištění kinetické energie celého těla probanda dle [1 s.24] kap. 2.4 vzorce (2) probíhá ve 4 oblastech:

- 1) pohyb od ultrazvukového radaru,
- 2) stoj v max. vzdálenosti od ultrazvukového radaru,
- 3) pohyb směrem k ultrazvukového radaru a
- 4) stoj v min. vzdálenosti od ultrazvukového radaru.

Maximální síla se spočte z max. zrychlení (zpomalení) dle [1 s.6] kap. 2.1 vzorce (12), potřebná hmotnost segmentu těla se spočítá dle [1 s.6] kap. 2.1 vzorce (11), koeficienty z [1 s.68] kap. 3.6 tab.1 a síly reakcí v zápěstí a lokti dle [1 s.6] kap. 2.1 vzorce (13), resp. [1 s.6] kap. 2.1 vzorce (14).

Kladné zrychlení, tedy i směr síly směřuje od ultrazvukového radaru.

Vypracování protokolu

Použitá lit.

[1] = Kutílek, P., Žižka, A.: Vybrané kapitoly z experimentální biomechaniky. ČVUT v Praze, 2012[]

BIOMECHANIKA			
Měření kinematiky a dynamiky pohybu osoby v prostoru pomocí ultrazvukového radaru			
 Měření kinematiky a dynamiky pohybu osoby v prostoru pomocí ultrazvukového radaru 			

BIOMECHANIKA	
Měření kinematiky a dynamiky pohybu osoby v prostoru pomocí ultrazvukového radaru	
Zadání	<p>1) Určete translační rychlosti a zrychlení vybraného segmentu těla, a těla jako celku ultrazvukovým systémem</p> <p>Měření kinematiky a dynamiky probanda v prostoru pomocí ultrazvukového radaru. Změřte kinetickou energii pohybu celého těla probanda, max. sílu při úderu/pohybu paže a reakce (k této síle) v zápěstí a v lokti.</p> <p>K záznamu a změření pohybu kloubu použijte program CMA Coach 6 a ultrazvukový radar.</p> <p>Naměřená data zpracujte v programu MS Excel.</p> <p>Měření a výsledky uveďte do protokolu.</p>
Pomůcky	<p>PC s nainstalovanými programy CMA Coach 6 a MS Excel</p> <p>Ultrazvukový radar</p> <p>Proband</p>
Postup měření	<p>Vhodné umístění ultrazvukového radaru do místnosti, připojení ultrazvukového radaru přes zařízení ULAB k PC . Spuštění měření v programu CMA Coach 6.</p> <p>Odměření části a) - měření pohybu celého těla probanda a záznam hodnot.</p> <p>Odměření části b) – měření pohybu paže probanda (směrem k ultrazvukovému radaru) a záznam hodnot.</p> <p>Vypočtení:</p> <p>a) kinetické energie celého těla probanda ve 4 oblastech:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) pohyb od ultrazvukového radaru, 2) stoj v max. vzdálenosti od ultrazvukového radaru, 3) pohyb směrem k ultrazvukového radaru a 4) stoj v min. vzdálenosti od ultrazvukového radaru. <p>b) maximální síly úderu/pohybu paže probanda, síla reakce v zápěstí a v lokti probanda, zrychlení</p> <p>Kladné zrychlení, tedy i směr síly směřuje od ultrazvukového radaru.</p> <p>Vytvoření protokolu.</p>

BIOMECHANIKA

Měření kinematiky a dynamiky pohybu osoby v prostoru pomocí ultrazvukového radaru

Naměřená data

Příklady naměřených dat (data se z důvodu rozsahu v tomto protokolu neuvádí celá)

a) měření pohybu celého těla probanda,

b) měření pohybu paže probanda

time	x	dx/dtime	ddx/dtime/ dtime
s	m	m/s	m/s/s
0.00	1.953	-34.8830	1466.0272
0.02	1.957	20.9748	-1564.672
0.04	1.257	0.0833	282.2889
0.06	1.960	-20.8081	-524.4739
0.08	1.960	-12.2999	-264.1641
0.10	0.292	-20.9831	257.2891
0.12	0.273	-21.0498	154.9985
0.14	0.281	-0.2250	263.0182
0.16	0.276	0.1000	263.3307
0.18	0.274	0.0583	8.4374
0.20	0.281	0.0167	11.1457
0.22	0.286	0.4500	4.3750
0.24	0.277	0.9917	-0.7292
0.26	0.310	0.4083	-10.9374
0.28	0.361	-0.0417	-23.6456
0.30	0.319	-0.4250	-10.6249
0.32	0.274	-0.9000	5.4166
0.34	0.276	-0.4417	6.6666
0.36	0.289	0.3917	9.2707
0.38	0.283	0.1083	5.8333
0.40	0.305	-0.1583	-8.2291
0.42	0.285	0.0250	-0.7292
0.44	0.276	-0.2667	3.8541
0.46	0.285	0.0500	0.4167
0.48	0.284	0.1500	4.2708
0.50	0.289	0.0583	0.5208
0.52	0.288	0.0750	0.6250
0.54	0.290	0.0917	1.7708

time	x	dx/dtime	ddx/dtime/ /dtime
s	m	m/s	m/s/s
0.00	1.953	-58.766	1227.384
0.02	0.391	40.925	-1375.403
0.04	0.389	-19.466	737.597
0.06	1.223	0.642	-638.744
0.08	0.396	0.242	249.268
0.10	0.443	-10.175	-10.521
0.12	0.408	0.475	0.833
0.14	0.409	-0.200	134.478
0.16	0.434	0.308	-5.208
0.18	0.427	0.583	4.167
0.20	0.433	0.058	-0.833
0.22	0.455	0.133	-7.083
0.24	0.439	0.242	3.125
0.26	0.437	0.017	2.083
0.28	0.452	0.308	-1.146
0.30	0.457	0.300	1.667
0.32	0.463	0.150	-4.583
0.34	0.461	0.150	-4.062
0.36	0.464	-0.058	-3.437
0.38	0.469	-0.025	-1.146
0.40	0.459	-0.125	4.896
0.42	0.459	0.058	1.146
0.44	0.454	0.333	4.792
0.46	0.473	0.067	-0.417
0.48	0.485	0.258	-5.104
0.50	0.465	0.025	3.021
0.52	0.475	-0.075	-4.062
0.54	0.475	0.308	-13.854

Výsledky

a) Vypočtení kinetické energie pohybu celého těla probanda:

	prům. v m/s	m kg	E_k J
1	1.2940	80	66.97789
2	0.0005	80	9.93E-06
3	-1.1124	80	49.4974
4	0.0031	80	0.00039

BIOMECHANIKA

Měření kinematiky a dynamiky pohybu osoby v prostoru pomocí ultrazvukového radaru

Výsledky

b) Vypočtení maximální síly úderu/pohybu paže probanda a reakce (k této síle) v zápěstí a v lokti probanda.

a_{max} m/s ²	m_{ruka} kg	F_{uder} N	$F_{zapesti}$ N	$m_{predlokti}$ kg	F_{loket} N	prům v m/s
171.874	0.4775	82.07	-82.07	1.2725	-136.64	0.655

Závěr

V úloze byla změřena translační rychlost pohybu celého těla (při chůzi) a úderu/pohybu paže probanda. Dále byla zjišťována jeho kinetická energie při chůzi, maximální síla při úderu/pohybu jeho paže proti ultrazvukovému radaru a reakce k max. síle v zápěstí a lokti probanda.

Průměrná translační rychlost pohybu celého těla probanda byla:

- 1) při chůzi směrem od ultrazvukového radaru = 1.3 m/s,
- 2) při stojí v max. vzdálenosti od ultrazvukového radaru = 0 m/s,
- 3) při chůzi směrem k ultrazvukového radaru = 1.1 m/s a
- 4) při stojí v min. vzdálenosti od ultrazvukového radaru = 0 m/s.

Proband tedy šel trochu rychleji od ultrazvukového radaru než zpět.

Průměrná translační rychlost pohybu úderu/pohybu paže probanda byla 0.66 m/s.

Kinetická energie pohybu celého těla probanda byla:

- 1) při chůzi směrem od ultrazvukového radaru = 67 J,
- 2) při stojí v max. vzdálenosti od ultrazvukového radaru = 0 J,
- 3) při chůzi směrem k ultrazvukového radaru = 50 J a
- 4) při stojí v min. vzdálenosti od ultrazvukového radaru = 0 J.

Max. síla pohybu/úderu paže probanda proti ultrazvukovému radaru = 82 N, a odpovídající reakce jsou: v zápěstí = -82 N a v lokti = -137 N.

Použitá lit.

[1] = Kutílek, P., Žižka, A.: Vybrané kapitoly z experimentální biomechaniky. ČVUT v Praze, 2012