

MASARYKOVA UNIVERZITA

Fakulta sportovních studií

Katedra kineziologie

Průvodce 3D kinematickou analýzou v Simi Motion

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Martin Zvonař, Ph.D.

Vypracoval:

Bc. Petr Zaoral

Brno, 2008

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím informačních zdrojů uvedených v příloženém seznamu.

V Brně dne 11. dubna 2008

.....

Děkuji mnohokrát panu Mgr. Martinu Zvonáři za čas, který mi věnoval při konzultacích, za jeho cenné rady a pomoc, kterou mi poskytl při zpracování této diplomové práce.

Obsah:

Úvod

1.	Metodologie biomechaniky.....	7
2.	Cíl a úkoly.....	8
3.	Metodika kinematické analýzy pohybu.....	9
3.1.	Předpoklady pro kinematickou analýzu.....	9
3.1.1.	Kalibrační systém.....	9
3.1.2.	Souřadnicový systém.....	9
3.1.3.	Časové údaje.....	10
4.	Úrovně aplikace kinematické analýzy.....	11
4.1.	První úroveň.....	11
4.2.	Druhá úroveň.....	11
4.3.	Třetí úroveň.....	12
5.	Výsledky práce.....	13
5.1.	Simi Motion.....	13
5.1.1.	Popis aparatury.....	13
5.1.2.	Etapy analýzy.....	13
5.1.3.	Možnosti zobrazení výsledků.....	15
5.2.	Interaktivní průvodce kinematickou analýzou.....	15
6.	Seznam použité literatury.....	16

Resumé

Úvod

Motorický pohybový projev sportovce je objektivně měřitelným výsledkem. Stává se proto konečným hodnotícím kritériem výkonu sportovce. Jakákoliv činnost, projevující se navenek pohybem, je výsledkem činnosti hybného systému. Mechanickými vlastnostmi hybného systému, analýzou jeho funkcí, zkoumáním souvislostí mezi příčinami pohybu a vnějším pohybovým projevem se zabývá biomechanika [2].

Pro diagnostiku techniky provedení a zlepšení pohybového výkonu sportovce je nezbytná analýza pohybu. Tímto se zabývá právě Biomechanika sportu. Její metody otvírají nové pohledy na techniku a na příčiny chybného nebo neefektivního provedení, jejichž podstata spočívá v biomechanických bariérách. Biomechanická studia složitých motorických činností jsou přínosem nejen k poznání lidského pohybu, ale umožňují tvořit a optimalizovat celou část algoritmizace tréninku. Realizují se ve dvou základních rovinách.

- První je diagnostika statického systému, ve kterém jsou v časových, prostorových a svalově silových dimenzích zkoumané hodnoty oddělených elementů. K nim patří např. kinematografické nebo dynamografické zkoumání hodnot pohybů těla nebo jeho segmentů v závislosti na cílových úkolech (atraktorech).
- Druhou rovinu představují kombinované metody, které zkoumají synergii více elementů (komponentů) na jedné časové ose. K nim řadíme například kinematograficko-dynamografické metody, které zkoumají složité časoprostorové charakteristiky vzájemných vztahů motorických a dynamických elementů lidského pohybu.

K nim jsou řazené další metody, které rozšiřují možnosti poznání vztahů v systémech: kinematograficko-tenzograficko-myografické, encefalografické, optoelektronické atd.

Díky rozvoji nových technologií v oblasti záznamu a zpracování obrazu a zejména zapojením výpočetní techniky můžeme sledovat rozkvět vědního oboru Kinematografie [6]. Ta umožňuje studovat sportovní pohyb v reálných podmínkách aktuálního výkonu. Kinematická analýza je základním prostředkem pro vyšetřování pohybu z pohledu kinematické geometrie a kinematiky.

1. Metodologie biomechaniky:

- Metody výzkumu v biomechanice
 1. Empirické - cyklografie, stroboskopie, kinematografie, goniografie
 - dynamografie, dynamometrie
 - myografie, encefalografie
 2. Teoretické - hypotéza, speciální a všeobecné teoretické schéma abstraktní teorie
 3. Logické - analýza, syntéza, indukce, dedukce, abstrakce, idealizace, konstrukce, rekonstrukce

- Dimenzionalita použitých metod
 - dvojdímenzionální kinematická metoda (K2D)
 - trojdímenzionální kinematická metoda (K3D)
 - dvoj a trojdímenzionální dynamografická metoda (D2D, D3D)

- Kombinované metody
 - kinematograficko-tenzograficko-myografická metoda
 - kinematograficko-encefalografická metoda

2. Cíl a úkoly

Cílem této práce je vytvořit interaktivního průvodce jednotlivými kroky 3D kinematické analýzy pohybu, který umožní snadnější a efektivnější práci se software Simi Motion.

Úkoly:

1. Analýza manuálu výrobce softwaru Simi Motion
2. Stručná charakteristika kinematické analýzy se zdůrazněním základních principů
3. Pořízení videosekvencí jednotlivých etap kinematické analýzy
4. Seznámení s vývojovým prostředím Adobe Captivate
5. Vytvoření vizuálního stylu a komentářů návodu

3. Metodika kinematické analýzy pohybu

Kinematická analýza sportovní motoriky poskytuje trenérům i sportovcům samotným exaktní pohled na sportovní výkon, na možnosti jeho diagnostiky a nové možnosti zvyšování úrovně výkonu a jeho součástí (zdokonalování techniky, taktiky, strategie, pohybových schopností a sociálních vlastností).

Princip této metody spočívá ve vysokofrekvenčním snímání reálného pohybu, jeho transformace do digitální podoby a vytvoření tak virtuálního prostředí, ve kterém je možné přesné sledování fyzikálních parametrů (dráha/čas, rychlosti, zrychlení, úhly a matematicky odvoditelné síly), které nelze postřehnout lidskými smysly. Digitální forma záznamu pohybu umožňuje následnou simulaci pohybu, využitelnou k tvorbě optimálních variant a modelů pohybu.

3.1 Předpoklady pro kinematickou analýzu

Pohyb je z fyzikálního hlediska chápán jako změna souřadnic v určitém časovém intervalu. Proto můžeme hovořit o třech základních požadavcích pro analýzu.

3.1.1. Kalibrační systém

Kalibrační systém vymezuje prostor (ve tří-dimenzionální analýze), nebo plochu (ve dvojdimenzionální analýze), kde se odehrává pohyb. Jako kalibrační systém lze použít dvě měřicí tyče známé délky, které jsou navzájem kolmé a dobře viditelné na záběru. Tento prostor je zmapován a po natočení a dosazení reálných hodnot je nadefinován vztah záznamu a skutečných rozměrů pro následný výpočet. Takto zkalibrovaný prostor, kde již máme přiřazeny reálné hodnoty, se nesmí před pořízením záznamu k analýze měnit (změna v umístění kamer, jejich ohniskové vzdálenosti a zorného úhlu). Při tří-dimenzionální analýze je nutné vidět celý kalibrační prostor na všech kamerách.

3.1.2 Souřadnicový systém

Slouží k vyjádření reálného pohybu prostřednictvím souřadnic pozorovaných bodů v kalibrovaném prostoru. Pojem souřadnicový systém je stejně jako pojem kalibrační systém běžným tématem, vyskytujícím se v literatuře, pojednávající o zpracování obrazu. Tyto dva pojmy spolu souvisejí

následujícím způsobem. Souřadnicový systém je matematický prostředek, pomocí něhož je možné vypočítat skutečné prostorové rozměry (trajektorie) pohybu uvnitř kalibrovaného prostoru. Pro osobu provádějící měření není nutná podrobná znalost vztahu mezi kalibračním a souřadnicovým systémem, tento vztah je pevně predefinován softwarem, který zpracovává primární data.

3.1.3. Časové údaje

Dávají nám detailní informaci o tom, kdy byl snímek pořízen. Údaj může být ve dvou formátech. První možnost je v tzv. absolutním formátu. Je to konkrétní údaj obsahující přesný čas a datum (např. 5. března 2008 v 16 hodin, 3 minuty, 27, 12 sekund a 312 milisekund). Druhý relativní formát je časová informace snímku vzhledem k jinému snímku vyjadřující frekvenci snímkování (0,01 sekund po předchozím záběru nebo 1,5 sekund od začátku záznamu). Pro většinu otázek týkajících se kinematické analýzy je důležitější relativní časová hodnota. Ta je samozřejmě při různých systémech rozdílná. Záleží na použitém formátu frekvence snímků. Pro videonahrávání se jedná o 25 kompletních snímků za sekundu, nebo 50 políček za sekundu (PAL), nebo 30/60 (NTSC). Velkou roli hraje taktéž použitá kamera a nastavení tohoto zařízení. K pořízení kvalitního záznamu a následné analýze se doporučuje vysokorychlostní kamera, která dokáže detailně zaznamenat i rychlý pohyb (min. 100 snímků za vteřinu).

4. Úrovně aplikace kinematické analýzy

4.1 První úroveň

- diagnostika – definuje stav techniky a průběh výkonu, zjišťujeme časově-prostorové charakteristiky a jejich deriváty, což znamená, že přesně určíme dráhu pohybu sportovce v prostoru, jeho rychlost, zrychlení, úhlové změny; tyto charakteristiky je možné zjišťovat jednak při pohybu sportovce jako celku (tj. určit centrální těžiště) a jednak sledovat pohyby jednotlivých segmentů těla
- analýza – poskytuje informaci o aktuálním stavu motorických schopností, zvládnuté techniky a potažmo tedy o výkonu jako celku

Opakovanou aplikací kinematické analýzy na této úrovni je možné velmi přesně sledovat vývoj techniky jednotlivého sportovce (způsobu provádění sportovní motoriky), což je vhodné zejména v přípravném období. Na průběhu pohybu převedeném do trojrozměrné digitální formy je možné diagnostikovat i nepatrné odchylky od dřívějšího provedení.

Tuto úroveň kinematické analýzy je možné rovněž využít pro srovnání techniky různých sportovců.

4.2 Druhá úroveň

Navazuje na první úroveň, tedy na diagnózu a analýzu sportovní motoriky

- přímá korekce jednoho nebo více parametrů sportovní motoriky vybraných na základě předchozí analýzy
- virtuální korekce jednoho nebo více parametrů sportovní motoriky s možností sledování vlivu změny na počítačových modelech

4.3 Třetí úroveň

Spočívá ve tvorbě optimálních tréninkových modelů.

Možnosti využití ve sportovní motorice:

- Optimalizace techniky, taktiky a pohybových dovedností
- Hry – technika, rychlost, koordinace

5. Výsledky práce

5.1 Simi Motion

Tento systém je dílem německé firmy SIMI Reality Motion Systems GmbH sídlící v Unterschleissheim. Tato společnost se zabývá tvorbou analytického softwaru. V této práci se omezíme pouze na Simi Motion 3D, jenž je jeden z mnoha řešení analýzy pohybu.

5.1.1 Popis aparatury

Celý systém se skládá z hardwarové části dodávané partnery společnosti a softwarové části, která je klíčová. K běhu softwaru je zapotřebí připojení USB licenčního klíče, jenž je dodáván při koupi programu. Bez něj není spuštění, pořízení záznamu a analýza možná.

Pro pořízení kvalitních záznamů je potřeba dvou nebo více vysokofrekvenčních kamer. Je možné použít i klasické kamery, ovšem všechny musí být identické a i přesto může být pořízený záznam nedostačující pro analýzu vzhledem k nízké frekvenci záznamu kamer. Záznam z kamer je pomocí digitálního převodníku ukládán na pevné disky počítače. Jde-li o přenosnou aparaturu, je úložištěm notebook, jinak tyto výpočty obstarává velice výkonný osobní počítač. Pro spolehlivý záznam je potřeba zajistit dostatek místa na pevných discích počítače, jelikož videozáznam je relativně obsáhlý (v závislosti na délce záznamu a počtu snímků za vteřinu).

5.1.2 Etapy analýzy

Analýzu s pomocí Simi Motion 3D je možné rozdělit do několika etap.

Příprava hardwaru, prostoru a probanda:

Celá sestava musí být pečlivě zapojena a zkontrolována. Je třeba zajistit dostatečný přívod elektrické energie. Při snížené viditelnosti je velice vhodné použít přídavné světlomety připevněné ke kamerám. Na cvičence jsou připevněny reflexní body, které později slouží k identifikaci klíčových bodů pohybu

(zpravidla na klouby, čelo a náradí či náčiní). Reflexní body musí být dostatečně viditelné a pevně fixované, aby byla analýza co nejpřesnější.

Kalibrace prostoru:

Jedná se o pořízení záznamu, na kterém jsou prostřednictvím kalibrační tyče znázorněny vrcholy trojrozměrného prostoru, ve kterém se bude odehrávat sledovaná pohybová činnost. Tento prostor, většinou ve tvaru kvádrů musí být viditelný ze všech kamer. Mezi pořízením kalibračního videa a záznamu pohybu k analýze nesmí být prostor měněn zásahem do pozice nebo ohniska kamer. Oba typy záznamů se mohou pořizovat v různém pořadí, ale je doporučeno nejprve prostor zkalibrovat.

Pořízení záznamu:

Záznam je pořízen vysokorychlostními kamerami a uložen na pevný disk přenosného nebo stolního počítače. Celá operace je při správné instalaci ovladačů kamer řízena softwarem Simi Motin 3D.

Kalibrace záznamu:

Přesnost tohoto procesu ovlivňuje celý následný výpočet. V kalibračním videozáznamu musíme přesně identifikovat kalibrační body a do systému zanést skutečné rozměry nasnímaného prostoru. Je nezbytné provést kalibraci všech kamer.

Trekování záznamu:

Jedná se většinou o časově nejnáročnější proces. Na každém snímku z každé kamery musíme označit sledované body. K tomu pomáhají reflexní body, které by měli být na záznamu co nejlépe vidět. Pokud nejsou, odvodí se z anatomických zákonitostí. Definice bodů může probíhat částečně automaticky, pokud jsou dobře viditelné. V opačném případě se definují manuálně.

Analýza výsledků:

V poslední fázi přistoupíme k analýze samotných výsledků. Je nutné si uvědomit, jaká data od analýzy očekáváme, zda se jedná o úhlové, dráhové, rychlostní či časové informace. Díky velkým možnostem programu je jejich nabídka široká. Základní přehled naleznete v následující kapitole.

5.1.3 Možnosti zobrazení výsledků

Software Simi Motion poskytuje velkou variabilitu v rámci možností zobrazení výsledků. Z velmi velkého výčtu jsou zřejmě nejpožadovanější tyto:

- 3D náhled na vytvořený model cvičence, náradí a náčiní. S modelem nebo jeho částmi je možno libovolně rotovat ve všech třech osách a to v jakékoliv fázi pohybu.
- Vypočítání a zobrazení těžiště pomocí předdefinovaných výpočetních modelů. K dispozici je několik variant.
- Izolované zobrazení určitého bodu nebo spojnice. Možnost barevného zvýraznění polohy i zanechané stopy v čase.
- Zobrazení grafu zrychlení všech analyzovaných bodů.
- Výpočet úhlů mezi body v kterýchkoli částech pohybu.
- Srovnání všech údajů z více analýz. Zobrazení různých modelů pohybu z různých záznamů v jednom okně. Při synchronizaci začátku záznamu je možnost pozorovat rozdíly mezi cvičenci v prováděném pohybu.

Simi Motion mimo jiné dokáže zobrazené modely a grafy převést do názorné reprezentativní formy k prezentaci výsledků.

5.2. Průvodce

CD s interaktivním návodem je přílohou této práce.

6. Seznam použité literatury:

1. Janda, P. *Problematika Motion Capture*. UK Praha. MatFyz.
2. Janura, M. – Zahálka, F. *Kinematická analýza pohybu člověka*. Olomouc: 2004 1. vyd. ISBN 80-244-0930-5
3. Sebera, M. Zvonař, M. et al. SIMI Motion – 3D biomechanická analýza. *Studia Sportiva*, 2007, č.1 , str. 26 – 31.
4. Zvonař, M. Sebera, M. *Simi motion 3D biomechanická analýza*. Brno : FSpS MU Brno, 2007
5. <http://www.adobe.com/products/captivate/>
6. <http://www.casri.cz/3Danalyza-biomech.htm>
7. <http://ww.simi.com>, manuál SIMI Reality Motion Systems GmbH.

Resumé

Cílem práce bylo vytvořit interaktivního průvodce pro obsluhu softwaru Simi Motion 3D a snadnější práci při kinematické analýze pohybu. Pomocí tohoto návodu by mělo být pořízení, zpracování a analýza záznamu pohybu možné i méně zdatným uživatelům PC, kteří se ještě nesečkali s tímto programem.

Teoretická část podává stručný pohled na moderní a aktuální možnosti kinematické analýzy. Shrnuje její druhy a zdůrazňuje potřeby a výhody této techniky.

The aim of the thesis was to create an interactive guide for Simi Motion 3D software operation and for easier work with 3D motion analysis. With the help of this guide, even less skilfull PC users, who have not worked with this program yet, should be able to get, process and analyse motion recording.

The theoretical part briefly looks at modern and current possibilities of 3D motion analysis. It sumps up its types and emphasizes the necessities and advantages of this technique.