



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# KINEMATICKÁ ANALÝZA JAKO NOVÁ VYUČOVACÍ METODA

Určeno pro další vzdělávání pedagogických pracovníků  
(Určeno pro pedagogické pracovníky v rámci DVPP)

Zpracoval: Mgr. Tomáš Pracný

Dne 26. srpna 2014

## Obsah:

Obsah projektu „Kinematická analýza jako nová vyučovací metoda“ .....	2
Náplň studijního programu .....	3
Materiální a technické zabezpečení (přístrojové vybavení) .....	5
Úvod .....	6
Kinematická analýza pohybu člověka .....	7
Využití kinematické analýzy .....	11
Struktura sportovního výkonu .....	11
Zlepšení výkonu .....	12
Analýza zranění a následná rehabilitace .....	13
Kinematická analýza z pohledu biomechaniky .....	15
2D rovinná analýza pohybu .....	16
3D prostorová analýza pohybu .....	16
Vybrané pojmy využívané při analýze pohybu lidského těla .....	18
Pohybový aparát člověka .....	18
Segmentární struktura těla .....	18
Moment setrvačnosti .....	20
Přístrojové vybavení videotechnikou pro analýzu pohybu lidského těla .....	21
Dělení videokamer podle rozlišení obrazu: .....	21
Dělení videokamer podle typu záznamového média: .....	21
Dělení videokamer podle formátu videa: .....	22
Dělení videokamer podle typu připojení: .....	23
Podle způsobu stabilizace obrazu .....	23
Podle rychlosti snímání videokamery: .....	24
Software Dartfish .....	26
Přehled vlastností softwaru Dartfish .....	26
Přístrojové vybavení projektu .....	30
Literatura .....	31

**Země původu:** Česká republika

**Vydavatel:** Sportovní gymnázium Dany a Emila Zátopkových, Volgogradská 2631/6,  
Ostrava, 700 30

**Číslo operačního programu:** CZ.1.07

**Název operačního programu:** OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

**Číslo prioritní osy:** Další vzdělávání

**Číslo oblasti podpory:** 7.3.2

**Číslo výzvy:** 04

**Název výzvy:** Moravskoslezský kraj – výzva č. 4 pro GP – oblast podpory 3.2.

**Název projektu:** Kinematická analýza jako nová vyučovací metoda

**Zkrácený název projektu:** Sledujeme sami sebe

**Datum zahájení projektu:** 01.07.2013

**Datum ukončení projektu:** 30.06.2015

**Určeno:** Pro vnitřní potřebu

## Obsah projektu „Kinematická analýza jako nová vyučovací metoda“

Cílem projektu je rozvoj nabídky dalšího vzdělávání trenérů. V rámci projektu vytváříme ojedinělý vzdělávací modul v oblasti sportovního tréninku. Jako jediná škola v M-S kraji pracujeme s novou vyučovací metodou – kinematickou analýzou pohybu člověka. Vzdělávací modul navazuje na cíle Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia se sportovní přípravou v oblasti sportovního tréninku. Vzdělávací modul Kinematická analýza jako nová vyučovací metoda je určen lektorům projektu, tvůrcům programu projektu a účastníkům dalšího vzdělávání, kteří pracují v oblasti sportovního tréninku.

Tato metoda nám pomáhá získávat základní údaje o sledovaném sportovním pohybu sportovců v tréninku a v soutěžích. Následné kinematické analýzy (rozbory) umožňují zlepšení sportovního výkonu sportovců.

Výstupy aktivity projektu jsou:

- Nákup a práce se software DARTFISH
- Speciální ICT technika, videotechnika, fototechnika, TV, konvertory, tiskárna, monitory a další speciální technika
- Proškolení lektorů dalšího vzdělávání, tvůrci programu a účastníci dalšího vzdělávání – tvůrci modelových případů

Účastníci dalšího vzdělávání si zvyšují kvalifikaci v oblasti sportovního tréninku.

Aktivity jsou realizovány zaměstnanci školy a trenéry partnerských sportovních klubů.

## Náplň studijního programu

Kinematická analýza jako nová vyučovací metoda

Vzdělávací program účastníků dalšího vzdělávání

### 1. Obsah

Účastníci dalšího vzdělávání (trenéři jednotlivých sportovních specializací – atletika, basketbal, judo, moderní a sportovní gymnastika, plavání a volejbal) se v rámci vzdělávacího programu seznámí s metodou kinematické analýzy, naučí se používat pořízenou výpočetní a videotechniku, pracovat s vytvořenými metodikami v jednotlivých sportech, budou schopni samostatně vytvářet video záznamy a vyhodnocovat analýzy za podpory pořízeného speciálního software Dartfish.

Budou schopni předávat základní informace o metodě kinematické analýzy a zavádět tuto metodu do praxe sportovní přípravy, která přispěje ke zlepšování sportovního výkonu sportovců.

### 2. Popis vzdělávacího programu:

- vzdělávání se uskuteční ve spolupráci s tvůrci programu a lektory podle jednotlivých sportovních specializací,
- vzdělávací program bude realizován podle jednotlivých sportů vzhledem k jejich specifickým odlišnostem, pouze seznámení s metodou kinematické analýzy bude společné pro všechny účastníky dalšího vzdělávání,
- vzdělávání se uskuteční v rámci tréninků, soustředění, tréninkových kempů, utkání a závodů v jednotlivých sportech.
- celkový rozsah vzdělávacího programu 320 hodin

#### 2.1 Témata vzdělávacího programu a hodinové dotace:

2.1.1	úvodní společná lekce pro všechny sporty	5 hod.
2.1.2	základy kinematické analýzy pohybu lidského těla	40 hod.
2.1.3	specializovaný software Dartfish	10 hod.
2.1.4	přístrojové vybavení pro metodu kinematické analýzy, technické parametry (kamery pro zpracování obrazu, ovládače kamer, počítače s monitory, televize, tiskárny, externí pevné disky apod.)	15 hod.
2.1.5	zachycení obrazu (video nahrávky)	30 hod.
2.1.6	možnosti praktického snímání	15 hod.
2.1.7	používání kamer (nastavení kamery, práce s kamerou)	20 hod.
2.1.8	problematika analýzy obrazu	20 hod.
2.1.9	vytváření a zpracování videozáznamů	60 hod.
2.1.10	aplikace software Dartfish pro jednotlivé sportovní specializace	45 hod.

- 2.1.11 praktická aplikace kinematické analýzy (vytváření modelových případů) 50 hod.
- 2.1.12 archivace modelových případů 10 hod.
- 2.1.13 prezentace modelových případů

### 3. Účastníci vzdělávacího programu

- počet účastníků celkem 25
- odborní pracovníci, trenéři ve sportovních specializacích atletika, basketbal, judo, moderní a sportovní gymnastika, plavání a volejbal ze Sportovního gymnázia Dany a Emila Zátokových Ostrava a dalších zapojených sportovních organizací

Zapojené spolupracující sportovní organizace:

- Centrum individuálních sportů Ostrava
- Gymnastický klub Vítkovice
- TJ Sokol Moravská Ostrava 1, oddíl gymnastiky
- TJ Ostrava, oddíl juda, oddíl volejbalu
- 1. Judo Club Baník Ostrava
- SSK Vítkovice, oddíl atletiky, oddíl moderní gymnastiky
- AK Poruba, o.s.
- Klub plaveckých sportů Ostrava
- Sportovní basketbalová škola
- BK NH Ostrava
- Snakes Ostrava
- VK Ostrava
- ŠSK Ostrava



## Materiální a technické zabezpečení (přístrojové vybavení)

- kamery klasické a podvodní
- ovladače kamer
- stativy kamer
- konvertory pro živý záznam
- notebooky
- stojany pro notebooky
- monitory
- televize
- tiskárny
- fotoaparát
- paměťové karty kamer a fotoaparátu
- externí disky pro zálohu videí

Více v kapitole Přístrojové vybavení projektu

## Úvod

Sport je jedním z pozoruhodných znaků 21. století. Svědčí o tom jak jeho rozmanitost, tak i popularita, které se těší v nejrůznějších zemích světa. Tento fenomén moderního vývoje upoutává pozornost řady vědních oborů a stále nás nutí k jeho hlubšímu chápání.

Pohybu člověka věnuje pozornost mnoho osobností z celé řady vědních oborů již několik stovek let.

Prvotní záznamy pohybu člověka byly nejprve zaznamenány a popisovány v uměleckých dílech. S přibývajícimi znalostmi stavby lidského těla a jeho funkcemi se začínají vyvíjet nové vědní obory, které se zabývají touto problematikou.

Z tohoto důvodu se z původní mechaniky oddělila biomechanika, která řeší pohyb živých organismů. Biomechanika zaznamenává obrovský vzestup od 19. století. Díky tomuto oboru dochází ke vzniku progresivních postupů a metod, které slouží k získávání nových poznatků. V rámci tohoto odvětví biomechaniky se vyšetřováním a popisem pohybu zabývá kinematika.

Cílem výkladu této studijní podpory je stručný náhled do problematiky kinematické analýzy.



## Kinematická analýza pohybu člověka

Nedílnou součástí optimalizace sportovního výkonu je zdokonalování techniky pohybu. Biomechanika je vědní disciplínou kombinující znalosti z funkční anatomie, fyziologie, mechaniky a dalších vědních oborů. Biomechanika sportu je odnoží zabývající se analyzováním sportovních výkonů a v Čechách má již dlouholetou tradici. K jejímu rozmachu došlo zejména v posledních 20 letech díky rozvoji nových technologií v oblasti záznamu a zpracování obrazu a zejména zapojením výpočetní techniky. Výsledkem je rozmach kinematografie a možnost studovat sportovní pohyb v reálných podmínkách aktuálního výkonu.

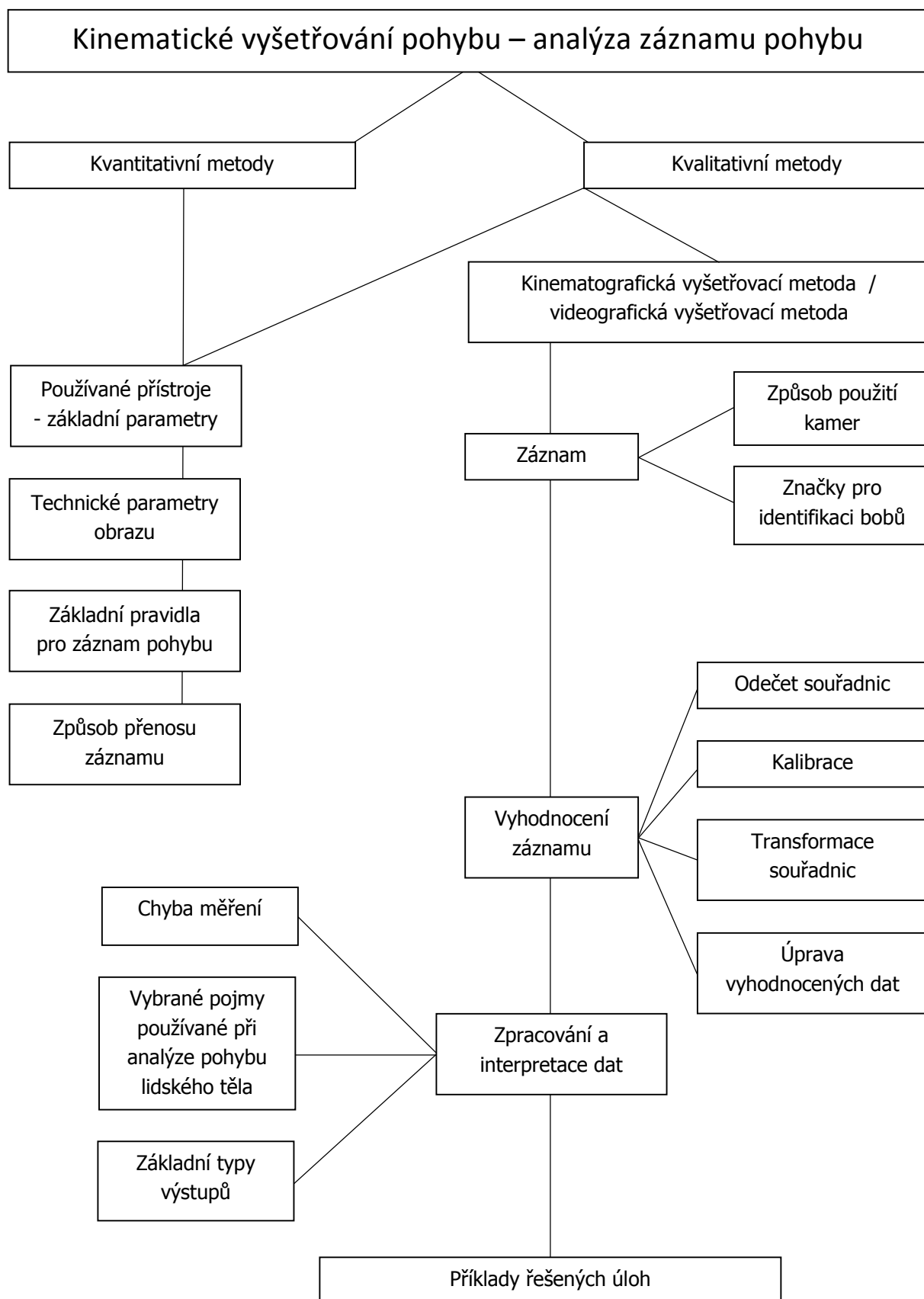


Schéma 1 - Klíčové oblasti a základní kroky při analýze pohybu za pomoci vyhodnocení videozáznamu podle Janury a Zahálky (2004) videozáznamu

Kinematická analýza je základním prostředkem pro vyšetřování pohybu z pohledu kinematické geometrie a kinematiky, pracuje s pojmy prostor a čas a s dalšími pojmy z těchto odvozenými jako dráha, rychlost, zrychlení, úhel, úhlová rychlost apod. V praxi se využívá dvou forem kinematografie: rovinná, která studuje pohyb pouze v jedné rovině a prostorová, která popisuje pohyb těla a jednotlivých tělních segmentů v prostoru.

V praxi se často kombinuje kinematografie s dynamometrií studující velikost a směr působících sil a také elektromyografií sledující mechanickou aktivitu svalů při pohybu zúčastněných.

Kinematická analýza popisuje pohyb tak, jak jej vidíme. Kinematická analýza se zabývá kinematickou stránkou pohybu, tj. zjištěním geometrie trajektorií, rychlostí a zrychlením charakteristických bodů antropomorfního mechanismu, který simuluje pohyb reálného objektu. Kinematická analýza nejčastěji vychází z následné analýzy obrazové scény reálného pohybu (videozáznam, kinematografie) v rovině (2D analýza) či prostoru (3D analýza). Dynamická analýza vychází z kinematické analýzy a opírá se dále o dynamometrická měření působících sil a znalostí geometrie hmotností sledované soustavy. Kinematické vyšetřování pohybu: průběh pohybu se analyzuje jako změna místa hmoty v prostoru a čase bez ohledu na síly, které jsou bezprostředními příčinami pohybu. K analýze pohybu jako vnějšího jevu se používá filmové či video techniky. Ta dovoluje zachytit průběh pohybu a sledovat časovou závislost dráhy těžiště lidského těla nebo kteréhokoliv jiného hmotného bodu vyznačeného podle cíle výzkumu. Ze záznamové frekvence kamery (filmové – video) je znám časový posun mezi jednotlivými snímky, a tedy je znám i časový posun vyšetřovaných bodů. Ze známé časové závislosti pohybu vyšetřovaného bodu je možné spočítat jeho další kinematické parametry (rychlost, zrychlení).

Princip vyhodnocení dat z analýzy obrazového záznamu pohybu a jeho aplikace v experimentální biomechanice vychází ze správné interpretace obrazové a datové dokumentace, kterou v rámci našeho projektu používáme. Tato analýza slouží za účelem vyhodnocení a vylepšení technického provedení pohybu. Následný rozbor analýz sportovce a tvorba modelového případu účastníky dalšího vzdělávání poukazuje na klíčové faktory v pilotním ověřování projektu. Tyto pohybové projevy analyzujeme, vzájemně srovnáváme a ukládáme pro další využití s cílem zlepšení techniky sportovců prováděného pohybu a tím podporujeme nárůst sportovní výkonnosti sportovců. Ke zlepšení výkonu může dojít prostřednictvím zlepšení techniky pohybu, kdy se snažíme zlepšit pohybové dovednosti určitého pohybu tak, aby odpovídaly optimálnímu provedení z hlediska mechaniky. S aplikací kinematické

analýzy lze u sportovců ve fázi udržitelnosti projektu objevit a nacvičit novou účinnější techniku pohybu.

## Využití kinematické analýzy

Využití kinematické analýzy je velmi široké. Kinematická analýzy pohybu se široce používá v různých oblastech – ve zdravotnictví (ortotika a protetika, fyzioterapie apod.), ve sportu (technika sportovního výkonu a následné zlepšení sportovní výkonnosti), v průmyslu (bezpečnost automobilů, letecký průmysl, strojírenství, modelace přístrojů, řízení robotů) v zábavním průmyslu (film) a jinde.

### Struktura sportovního výkonu

Podle Dovalila (2002) je sportovní výkon vymezený systémem prvků (faktorů), který má určitou strukturu, tj. zákonité uspořádání a propojení síti vzájemných vztahů. V kontextu struktury sportovního výkonu chápeme faktory jako relativně samostatné součásti sportovního výkonu, vycházející ze somatických, kondičních, technických, taktických a psychických základů výkonu. Jejich společným znakem je to, že jsou trénovatelné. Každý sportovní výkon charakterizuje počet i uspořádání faktorů. V množině proměnných, které výkon ovlivňují a vytvářejí, lze rozlišit:

**Faktory somatické** - zahrnující konstituční znaky jedince, vztahující se k příslušnému sportovnímu výkonu

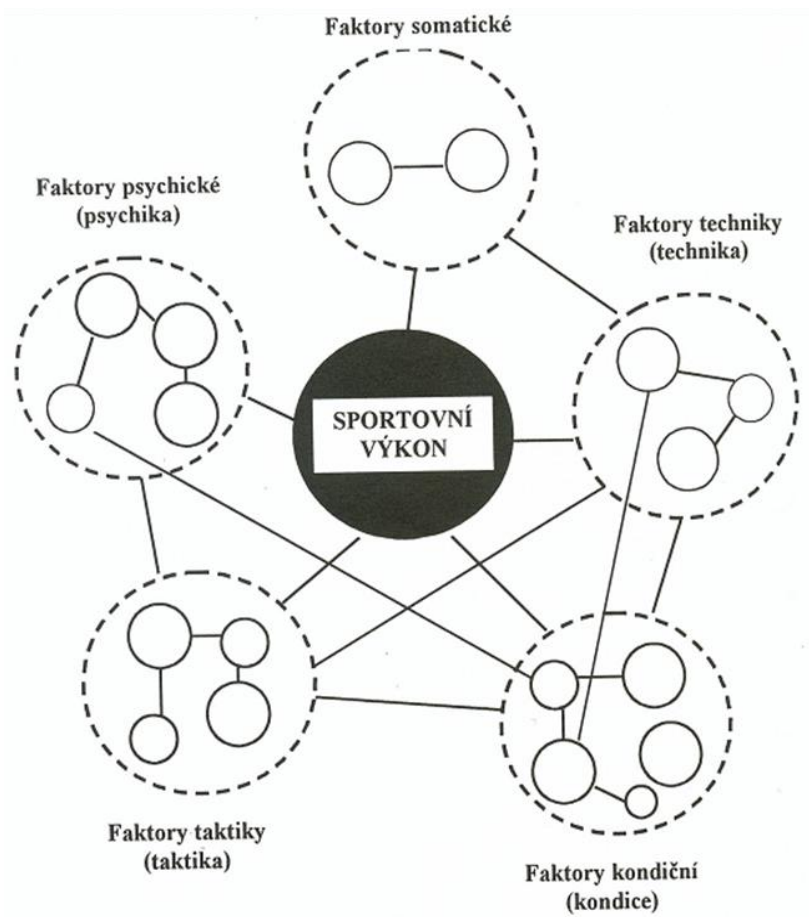
**Faktory psychické** - zahrnující kognitivní, emoční a motivační procesy uplatňované v řízení a regulaci jednání a vycházející z osobnosti sportovce

**Faktory techniky** - související se specifickými sportovními dovednostmi a jejich technickým provedením

**Faktory kondiční** - tj. soubor pohybových schopností

**Faktory taktiky** - jako součást tvořivého jednání sportovce

Konkrétní naplnění zobecněného modelu sportovního výkonu se v jednotlivých sportech pochopitelně liší.



Obr. 1 Struktura sportovního výkonu (Dovalil, 2002)

## Zlepšení výkonu

Jedním z cílů využití kinematické analýzy je zlepšení sportovního výkonu. Ke zlepšení výkonu může dojít prostřednictvím zlepšení techniky pohybu, kdy se snažíme zlepšit pohybové dovednosti určitého pohybu tak, aby odpovídaly optimálnímu provedení z hlediska mechaniky. Případně lze s využitím kinematické analýzy objevit novou účinnější techniku pohybu.

Pohybový výkon je také ovlivňován oblečením, obuví a příslušným sportovním náčiním nebo používaným sportovním nářadím.

Hlubší studium určitého pohybu může podpořit vývoj nových tréninkových metod a zejména metod nácviku. Porovnávání provedení pohybu různých osob nebo jedné osoby u stejného pohybového úkolu lze usuzovat na úroveň pohybových schopností a dovedností jednotlivce a následně navrhnout metody jejich zlepšení.





Obr. 2 Technika přeběhu překážek



Obr. 3 Analýza skoku dalekého s dopomocí software Dartfish

## Analýza zranění a následná rehabilitace

Častou příčinou zranění pohybového aparátu jsou vysoké hodnoty síly u sportovce (např. při dopadech a nárazech). Analyzováním příčin zranění lze dospět ke změnám v technice prováděného pohybu či úpravám náčiní a náradí v rámci platných sportovních pravidel.

Nedílnou součástí sledování přesnosti pohybů je rychlost reakce, čas potřebný k provedení pohybu, variabilita času pohybového úkolu. Tyto úkoly zvládají např. starší osoby později a s větší variabilitou reakční doby.



Obr. 4 Sledování činnosti a funkce dokroku



## Kinematická analýza z pohledu biomechaniky

Pohyb je z fyzikálního hlediska chápán jako změna souřadnic v určitém časovém rozpětí. Tento souřadnicový systém může být nejprve libovolně zvolen a následně upraven. Jsou zde však dva základní požadavky:

- souřadnicový systém
- časové údaje

Metody kinematické analýzy pohybu umožňují charakterizovat pohyb člověka měřitelnými exaktními údaji z oblasti kinematiky a dynamiky pohybu a přináší kvalitativně nový zdroj informací. Jedna skupina biomechanických metod, souhrnně patřících do kinematického vyšetřování pohybu, je založena na analýze záznamu pohybové činnosti člověka. Kinematická analýza pohybové činnosti se provádí na několika úrovních, které jsou závislé na cílech analýzy a na technických podmínkách pracoviště (Janura, Zahálka 2004).

Podle Janury a Zahálky (2004) Kinematickou analýzu pohybu rozdělujeme na kvalitativní (popisuje a hodnotí pohyb bez konkrétních fyzikálních veličin) a kvantitativní (určuje velikost výstupních veličin, které nám z pravidla udávají fyzikální veličiny). K jejich získání je potřeba speciálního materiálního vybavení, které umožní měření s co nejmenší chybou. Ze základních parametrů dráha ( $s$ ) a úhel ( $\varphi$ ) a jejich závislosti na čase ( $t$ ) můžeme pomocí derivování odvodit další veličiny - rychlost ( $v$ ), zrychlení ( $a$ ), úhlová rychlost ( $\dot{\omega}$ ), úhlové zrychlení ( $\epsilon$ ) (Janura, Zahálka, 2004).

Veličina	Značka	Jednotka
čas	$t$	s
dráha	$s$	m
rychlost	$v$	$m/s^{1-}$
zrychlení	$a$	$m/s^{2-}$
úhel	$\phi$	rad
úhlová rychlost	$\dot{\omega}$	$rad/s^{1-}$
úhlové zrychlení	$\epsilon$	$rad/s^{2-}$

Tab. 1 - Základní kinematické veličiny a jejich jednotky (Janura, Zahálka,2004)

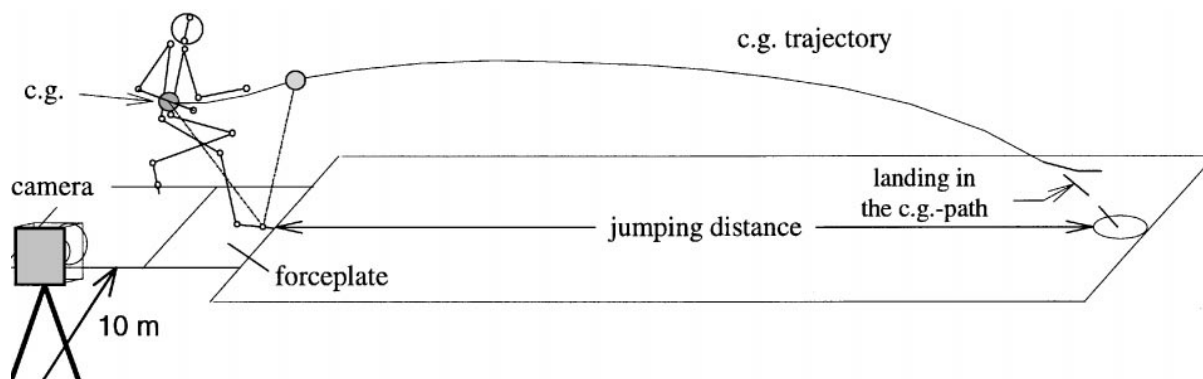
Zásadní metodou kinematické analýzy pohybu je kinematografická (videografická) vyšetřovací metoda. Podstatou této metody je analýza pohybu důležitých bodů, vybraných segmentů nebo celého těla na základě vyhodnocení filmového záznamu nebo videozáznamu. Označením bodů na záznamu pohybové činnosti získáme jejich rovinné souřadnice, které slouží pro určení základních kinematických veličin (Janura, Zahálka 2004).

Při rovinných analýzách pohybu musíme dbát na pravidla pro správné umístění a kalibraci kamer.

## 2D rovinná analýza pohybu

2D rovinná analýza studuje a popisuje pohyb, který probíhá pouze v jedné rovině. Při určení polohy bodů vycházíme z kartézského systému souřadnic – osy  $x$ ,  $y$ . Při 2D rovinné analýze je pro záznam pohybu zapotřebí pouze jedné kamery, jejíž optická osa je kolmá na směr pohybu a protíná sledovaný úsek co nejbližše jeho středu. Označením sledovaných bodů na snímaném objektu a určením jejich rovinných souřadnic v osách  $x$ ,  $y$  můžeme zjistit délku segmentů a úhly mezi nimi. Pokud pohyb neprobíhá v jedné rovině, získáme zkreslené hodnoty, velikost chyby je závislá na velikosti vytočení segmentů (Janura, Zahálka 2004).

K řešení problému ve 2D analýze je vedle kamery dále zapotřebí kalibračního systému, který se skládá ze dvou měřících tyčí známé délky.



Obr. 5 Snímaný prostor 2D analýzy ve skoku dalekém

## 3D prostorová analýza pohybu

3D prostorová analýza studuje a popisuje pohyb tělesných segmentů v prostoru. V kartézském systému souřadnic přidáváme k osám  $x$ ,  $y$  osu  $z$ . Pro 3D prostorovou

analýzu je pohyb snímán nejméně ze dvou kamer. Nutnou podmínkou 3D prostorové analýzy je viditelnost každého vyhodnocovaného bodu na záznamech minimálně ze dvou kamer. Další podmínkou je dodržení úhlu mezi optickými osami jednotlivých kamer, který by se měl blížit  $90^\circ$  ( $60^\circ - 120^\circ$ ) (Janura, Zahálka, 2004).

# Vybrané pojmy využívané při analýze pohybu lidského těla

## Pohybový aparát člověka

Pohybový aparát člověka je tvořen soustavou orgánů a tkání, které bezprostředně slouží tělesnému pohybu. Jsou to zejména soustava kosterní a soustava svalová, ale rovněž soustava nervová, související s inervací svalů a vůbec s řízením pohybu. V biomechanice se pak dále rozlišuje pohybový systém, kterým myšlen takový soubor prvků, či podsystémů, jež jsou v pohybovém aparátu navzájem odlišitelné a které spolu ve vzájemné součinnosti zajišťují mechanický pohyb člověka a jeho mechanické vazby s okolím:

- Systém kosterních svalů hlavní funkce – aktivní silové působení
- Systém segmentárních prvků kostry (hlavní funkce – pasivně zprostředkovává silový přenos, tvoří pohyblivý a nosný základ pro uchycení svalů, vazů a povázek)
- Systém mezilehlých prvků – spojuje navzájem prvky systému (vazivem, kostí, chrupavkou a kloubem) a zajišťuje mechaické spojení mezi systémy
- Systém informační (hlavní funkce – mechanická recepce a přenos informace, zajišťované vnímavými elementy ve svalech, kloubech, ve šlachách, ve vnitřním uchu, zrakem, kůží apod.)
- Systém inervační (hlavní funkce – aktivace motorických jednotek svalů)
- Systém centrální (hlavní funkce – sběr, analýza, třídění a uložení informace, reprezentace mechanických vlastností prostředí, hybné vzorce, reflexní činnost, porovnávání, rozhodování apod.)

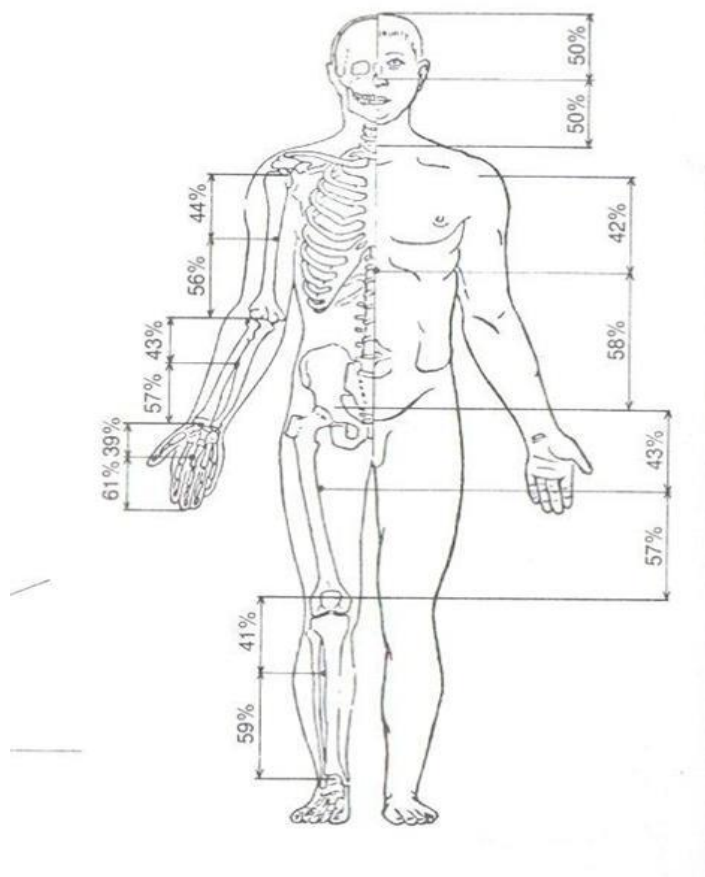
## Segmentární struktura těla

Kostra člověka je základem segmentární struktury těla. Segmentem je pak myšlena taková část těla, která v pohybových situacích vystupuje jako relativně samostatný prvek, i když jeho pohyblivost je samozřejmě určena typem vazby se sousedním segmentem – např. kloub kyčelní, kolenní.

Hmotnost částí těla závisí na hmotnostním podílu jednotlivých tkání v daném segmentu a u některých segmentů (zejména části trupu) na jejich poloze vůči tíže (přesun měkkých a tekutých částí).

Rozložení hmotnosti dobře charakterizuje poloha těžiště. Pro určení těžiště těla se nejčastěji používá tzv. analytická metoda. Součet hmotností jednotlivých segmentů se rovná celkové hmotnosti těla :

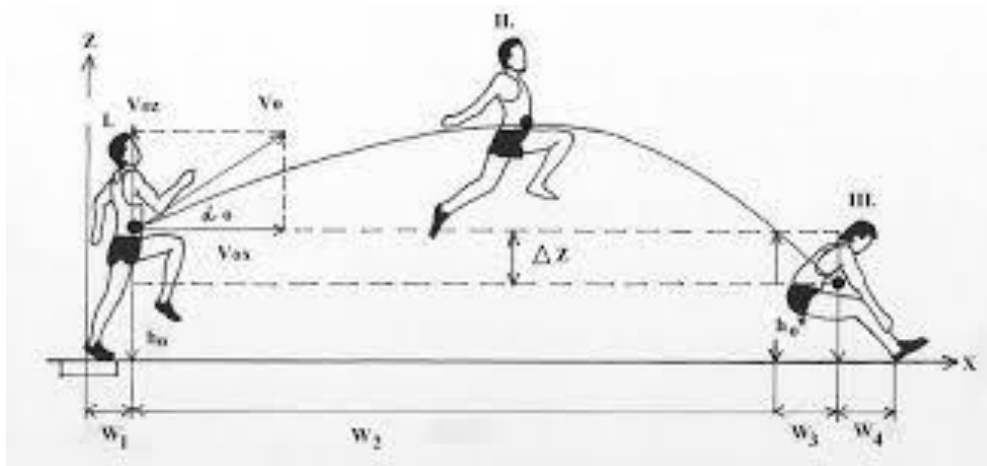
$$m_1 + m_2 + \dots + m_n = m$$



Obr. 6 Procentuální vyjádření polohy těžišť segmentů lidského těla

Poloha těžiště celého těla závisí na prostorové konfiguraci segmentů těla. Při vzpřímeném stoji je celkové těžiště těla v malé pánvi asi ve výši třetího křížového obratle ve střední rovině těla. Není to však přesným pravidlem, neboť jeho poloha závisí na tělesných proporcích a ani v klidu není stálá. Kolísá stále v určitém rozmezí vlivem životních pochodů v organismu (krevní oběh, dýchání, trávení).

Změny poloh jednotlivých segmentů vyvolávají také změny polohy lidského těla. V některých polohách těla se těžiště nachází mimo lidské tělo.



Obr. 7 Těžiště těla u skoku dalekého

## Moment setrvačnosti

Další důležitou veličinou, která má vztah k rozložení hmotnosti, je moment setrvačnosti. Ten představuje základní celek při vytváření setrvačných sil u rotačního pohybu a charakterizuje rozložení hmotnosti lidského těla vzhledem k ose otáčení.

## Přístrojové vybavení videotechnikou pro analýzu pohybu lidského těla

Nejdůležitějším a nezbytným prvkem pro kvalitativní videoanalýzu je přístroj, kterým můžete sledovaný děj natáčet. Nejčastěji je pro tyto účely využívána videokamera.

### Dělení videokamer podle rozlišení obrazu:

- SD - standardní rozlišení, je dáno normou PAL (720x576 pixelů)
- HD - vysoké rozlišení, za vysoké je považováno rozlišení 1920x1080 pixelů (označované jako Full HD). U některých videokamer je však využito rozlišení 1440x1080 pixelů s tím, že šířka bodů je větší než jeho výška a tak je obraz skutečně v poměru 16:9. Kamery používající vysoké rozlišení mívají označení HDV a AVCHD označující formát ukládání videa.

HD videokamery umožňují vyšší kvalitu obrazu a tímto větší možnost zobrazení větších detailů (například využitím lupy), ale pro taková zobrazení je nutný display s HD rozlišením.

HD spotřebitelské videokamery využívají různé kompresní formáty, které kvalitu videa mohou ihned degradovat. Tyto formáty si velmi často neumí poradit právě s pohybem.

### Dělení videokamer podle typu záznamového média:

- Páskové - Digital8, MiniDV
- Hardiskové - HDD
- Kartové - SD a SDHC karty, MemoryStick
- DVD - DVD-RAM, DVD-RW a BlueRay disky

Páskové kamery využívají pro ukládání dat magnetickou pásku uloženou v kazetě. Dnes je asi nejrozšířenější kazeta formátu MiniDV. I když je tento způsob ukládání dat mírně na ústupu má nesporné výhody. Páskové kamery totiž ukládají data ve formátu DV25, který zaručuje vysokou kvalitu a snadný způsob stříhu a krování. Pásky jsou levné a tak je možné na nich data archivovat. Páska nabízí dlouhou dobu uchování dat (min. 30 let). Páskové kamery pro přenos dat používají jako jediné rozhraní FireWire, které umožňuje i přenášení "živého obrazu".

Hardiskové kamery nabízí velký prostor pro ukládání dat. Výhodou těchto kamer je to, že co zmáčknutí spouště to nově vytvořený soubor. Odpadá tak nutnost stříhu



krátkých sekvencí. Harddiskové kamery ukládají video ve standardním rozlišení ve formátu MPEG-2 a video ve vysokém rozlišení ve formátu MPEG4. Kamery zvládající HD video bývají označovány jako AVCHD. Přenos souborů probíhá pomocí rozhraní USB. Nevýhodou těchto kamer je vyšší hmotnost a vyšší spotřeba baterií (oproti kartovým kamerám). Za nevýhodu je nutné zmínit i nižší odolnost na nárazy (zejména za chodu).

Kartové kamery využívají pro uložení dat různé paměťové karty. Nejrozšířenější jsou SD karty (případně SDHC) a karty typu MemoryStick. Pro ukládání dat používají kartové videokamery stejné formáty jako harddiskové kamery (MPEG-2 pro SD, MPEG-4 pro HD) a v případě HD rozlišení jsou i stejně označovány jako AVCHD kamery. Výhodou těchto kamer je to, že co zmáčknutí spouště to nově vytvořený soubor. Odpadá tak nutnost stříhu krátkých sekvencí. Přenos souborů probíhá rovněž pomocí rozhraní USB případně přenosem dat z karty pomocí čtečky. Oproti harddiskovým kamerám jsou lehčí a výrazně odolnější. Nevýhodou je menší kapacita pro ukládání video záznamu, karty je však možné měnit.

DVD videokamery používají pro ukládání dat různé typy disků. Technologie je u všech podobná a zjednodušeně při nahrávání vypaluje data na disk ve formátu MPEG-2 pro DVD disky. Po skončení nahrávání však kamera musí disk finalizovat (vytvořit menu atd.), což trvá poměrně dlouhou dobu. Výhodou těchto kamer je možnost snadno přenášet a přehrávat video, DVD disky jsou levné a tak je možné jich mít zásobu (nejsou však příliš trvanlivé). V kamerách se používá menší rozměr disku (8cm) a tak není kapacita disku příliš veliká. Nevýhodou je, že data jsou ukládána na disk ve struktuře DVD a přenos dat do PC není tak úplně snadný.

## Dělení videokamer podle formátu videa:

- DV25
- MPEG2
- MPEG4

Formát komprese videa většinou odpovídá následně použitému způsobu ukládání dat.

Formát DV25 - je používán u páskových kamer a označuje Digital Video s datovým tokem 25mbit/s. Datový tok se představte jako množství informací o obraze uložené za jednu sekundu. Čím více, tím kvalitnější obraz, ale také větší soubory. Tento formát má velkou výhodu, že jako jediný ukládá každý snímek jako celý obraz. Díky tomu, je možné video poměrně plynule krokovat vpřed i vzad a krokování nevyžaduje velký



výpočetní výkon počítače. Navíc je video ukládáno proloženě jako 50 půlsnímků za vteřinu a tak je možné jej krokovat po 0,02 sekundy.

Formát MPEG2 je využíván zejména u DVD kamer, kde jsou VOB soubory ukládány rovnou ve formátu MPEG2. Tento formát má výhodu v menší náročnosti co se týká velikosti souborů při zachování vysoké kvality videa. MPEG2 je rovněž využíván pro ukládání videa v normálním rozlišení SD u kartových a harddiskových kamer (soubory mívají příponu .MOD), ale také u HDV kamer pro ukládání videa ve vysokém rozlišení.

MPEG4 je nejúspornějším formátem, který je využíván pro ukládání videa ve vysokém rozlišení u AVCHD kamer a to jak harddiskových tak kartových. Tento formát je nejvíce náročný na výpočetní výkon počítače a plynulé krokování je náročné i pro velice výkonné modely počítače.

Pro využití videokamery ve videoanalýze je důležitá možnost video plynule krokovat. V tomto ohledu splňuje tento požadavek velmi dobře formát DV25, jelikož obsahuje úplné informace o jednotlivých snímcích.

### **Dělení videokamer podle typu připojení:**

- FireWire (iLink nebo-li IEEE 1394) - nejčastější rozhraní u DV-8 a MiniDV kamer
- USB - běžné rozhraní u kartových a harddiskových kamer

Rozhraní FireWire je převážně u páskových videokamer. Umožňuje přenášet video z kamery nejen z nahrané pásky, ale také dokáže do počítače přenášet "živý" obraz, který videokamera právě snímá. Tohoto lze využít pro okamžité snímání do PC například v Dartfish modulu InTheAction.

Rozhraní USB slouží v kamerách pro přenos souborů uložených v kameře na kartě nebo pevném disku.

### **Podle způsobu stabilizace obrazu**

- OIS - Optická stabilizace obrazu
- EIS - Elektronická stabilizace obrazu
- žádná stabilizace

Optická stabilizace obrazu nabízí nejlepší výsledky, pokud se natáčí video rukou bez stativu. Tento způsob stabilizace se snaží zmírnit či úplně eliminovat třes rukou tím, že pohybuje optickou soustavou. Na optický snímač tak přichází již stabilizovaný obraz.

Elektronická stabilizace obrazu využívá toho, že snímací čip má větší plochu, než jakou pokrývá snímáný obraz. Jedná se o nejrozšířenějším způsob stabilizace. Technické řešení tohoto systému spočívá v nepřetržitém hledání optimálního výřezu obrazu prostřednictvím tzv. efektivních (účinných) obrazových bodů CCD-snímače pro potlačení např. třesů ruky.

Žádná stabilizace obrazu by se mohla jevit jako nežádoucí, ale pro natáčení videa ze stativu je často výhodnější jakoukoliv stabilizaci obrazu vypnout nebo jí na kameře ani nemusíte požadovat.

### Podle rychlosti snímání videokamery:

- standardní kamery



Obr. 8 Standartní video kamera

- hi-speed kamery

Rychlost kamery znamená jak rychle je kamera schopná snímat. Rychlost je udávána v počtech snímků za sekundu.



Obr. 9 Hi-speed kamera

Standardní kamery nabízí většinou video podle standardu PAL či NTSC. Podle normy PAL se jedná o 25 snímků za sekundu (ve skutečnosti 50 půlsnímků) a podle normy NTSC 30 snímků za sekundu (ve skutečnosti 60 půlsnímků). Hi-speed kamery nabízí vyšší rychlosti, 80, 100, 200, 500, 1000 plných snímků za vteřinu. Existují i ještě rychlejší kamery. Vyšší rychlost dovoluje mnohem jemnější možnosti krokování. Videokamery s uváděnou snímkovou frekvencí jsou ale velice objemná a jejich zpracování je rovněž náročnější.

## Software Dartfish

Pro využití v projektu „Kinematická analýza jako nová vyučovací metoda“ byl uvažován software, který by byl schopen pracovat s videi (import, převádění formátů, střih) a zároveň umožňoval pokročilou analýzu videí (zpomalování, zoomování, využití kreslicích nástrojů – elektronická tužka, fázování a krokování přehrávaného videa atd.). Také možnost tzv. živého a zpožděného záznamu pro okamžitou zpětnou vazbu v tréninkovém procesu byla určující pro výběr vhodného softwaru.

Volba podle na software švýcarské firmy Dartfish, která se přímo specializuje na oblast analýzy nejen sportovního pohybu. Její software využívají známí sportovci, sportovní svazy nebo je používán na velkých sportovních událostech jako mistrovství světa nebo olympijské hry.

Software je vydáván v několika edicích, které pokrývají potřeby jednotlivých sportovních specializací. Součástí licence byl nákup softwaru (verze 7), jeho využití bez časového omezení a roční podpora od zakoupení na technické dotazy a aktualizace programu na nové verze. Proběhlo také několik školení trenérů-lektorů zástupcem firmy Dartfish v prostorách školy. Škola zakoupila z rozpočtu projektu tyto licence:

- **TeamPro** (2 licence pro specializaci atletika)
- **ProSuite** (1 licence pro specializace judo a gymnastika)
- **ConnectPlus** (2 licence pro kolektivní sporty)
- **Connect** (1 licence pro specializaci plavání)
- **ClassroomPlus** (15 licencí pro odbornou učebnu)

### Přehled vlastností softwaru Dartfish

#### 1. VŠEOBECNÉ VLASTNOSTI

- Samostatná licence, vázaná na jeden počítač
- Softwarová podpora – integrovaný návod s rejstříkem a vyhledáváním, ukázkové video soubory
- Podpora českého jazyka

#### 2. DIGITALIZACE VIDEOA (zachycení celé hry/zápasu do počítače)

- Digitalizace dlouho trvajících videa a označení událostí (akcí) ve hře (tagging)
- Zachycení hry živě přímo z kamery/TV nebo po zápase z pásky/DVD/VCR, memory stick, SD card a zařízení s SD card
- Digitalizace HD videoklipů (HDV, AVCHD)

- Anotace událostí ve hře (tagování přímo během nahrávání nebo při opětovném přehrávání)
- Možnost pozastavení nahrávání během hry
- Digitalizace do MPEG-2 formátu pro optimální velikost souboru a kvalitu videa
- Live konverze a komprese videa do různých formátů bez ztráty snímků
- Nastavení délky nahrávání a předstihu
- Možnost pozastavení během nahrávání (timeshift)

### 3. VYTVÁŘENÍ A INDIVIDUALIZACE TAGOVÁNÍ

- Definice vlastních událostí pro tagování
- Definice vlastního rozložení ovládacích prvků pro efektivní práci
- Použití standardních šablon pro vybrané sporty
- Vytváření událostí s pevnou či proměnnou délkou trvání
- Správa seznamu hráčů týmu pro využití v přehledu událostí

### 4. VYHLEDÁVÁNÍ UDÁLOSTÍ

- Rychlé vyhledání/přehrání/editace událostí ve hře
- Vyhledání událostí pomocí klíčových slov, názvů, atributů a filtrů
- Vyhledání událostí použitím matic (křížové tabulky událostí)
- Vyhledávání událostí z jedné či více her
- Vytváření vyhledávacích tabulek/matic
- Úprava a přidávání událostí po hře, modifikace délky událostí

### 5. VYTVÁŘENÍ UDÁLOSTÍ VE STATISTICKÉM SOFTWARE

- Import událostí z \*.csv souboru do programu Dartfish
- Snadná synchronizace \*.csv datového souboru s videem
- Výběr kategorie událostí (akcí) pro import
- Přidávání dalších událostí po importu

### 6. EXPORT UDÁLOSTÍ PRO STATISTICKÉ ANALÝZY

- Export událostí do programu Microsoft Excel

### 7. ANALÝZA

- Přehrávání videa
- Přehrávání událostí jednou, v řadě nebo ve smyčce
- Přehrávání videa v jednom okně „single screen“ módu (podpora většiny standardních video formátů včetně MPEG-2 a MPEG-4)
- Volitelné nastavení rychlosti přehrávání (snímek po snímku, rychle vpřed i zpět ...)

- Přiblížení, funkce lupy, zrcadlení, vertikální i horizontální otáčení, obraz-v-obrazu
- Dekompozice videa do snímků na obrazovce (zobrazení Mosaic)
- Měření z videa a tvorba/export datových tabulek (\*.csv soubor)
- Použití šablon pro poznámky a komentáře
- Vytvoření a export referenčních videoklipů s klíčovými pozicemi a poznámkami. Šíření informací a distribuce expertíz ve vaší organizaci.

## 8. KRESLÍCÍ NÁSTROJE

- Základní nástroje: čára, kružnice, křivka, mřížka, volné kreslení
- Pokročilé nástroje: tvar, kubická interpolace, trajektorie, stopa míče
- Skrývání a zobrazování kreseb během přehrávání
- Vytváření nových videoklipů s vloženými kresbami
- Uchování kreseb jako projekt pro další úpravy
- Panel nástrojů pro kreslení v celoobrazovkovém režimu
- Úpravy vlastností kreslení (síla čar, barva obrysů a výplně). Uložení vlastností kreseb do tří předvoleb
- Vložení obrázku/loga na video

## 9. EDITACE / PUBLIKOVÁNÍ / PREZENTACE

- Výběr událostí a příprava playlistu nebo videa pro prezentaci
- Prezentace na počítači či externím displeji
- Integrace vašich analýz do elektronických prezentací (např. Powerpoint)
- Výběr událostí a vytvoření videoklipu. Posílání klipů na email, ftp server a na publikační web Dartfish.tv
- Analýza klíčových akcí a publikace videa, hlasových či textových poznámek a kreseb do MediaBooku

## 10. PUBLIKOVÁNÍ NA DARTFISH.TV

- Publikování videoklipu ze zásobníku
- Hromadné publikování videoklipů ze zásobníku
- Publikování Mediabooku z Analyzeru
- Publikování celých her či zápasů
- Publikování vybraných událostí ze hry či zápasu

## 11. POKROČILÉ SDÍLENÍ

- Vytvoření videoklipů z přehledu událostí
- Kopírování klipů na CD/DVD s kategoriemi a poznámkami
- Vytvoření samospustitelných CD/DVD pro snadné sdílení videoklipů.



- Snadné kopírování videa příjemcem.
- Možnost efektivního prohlížení videoklipů jednotlivými sportovci
- pomocí nižší verze programu (Connect)

## 12. PUBLIKACE NA WEB

- Příprava atraktivních a pokrokových analýz zápasů
- Publikace herních analýz na web pro fanoušky či hráče
- Personalizace analýz a publikace s logem, klubovými či osobními daty

## 13. DALŠÍ FUNKCE

- Správa videa (použití jednotné knihovny médií napříč týmem)
- Bezprostřední zpětná vazba během tréninku
- Nástroje pro pokročilou a Pro analýzu
- Analýza klíčových pozic
- Analyzer Recorder (nahrávání vašich analýz jako nové video)
- Simulcam & Stromotion
- Screening proces
- Získávání a synchronizace externích dat

## Přístrojové vybavení projektu

- Kamera Sony HDR-PJ810E
- Stojan Sony VCT-VRP1
- Prodlužovací HDMI kabel 5m
- Kabel HDMI 2m
- USB kabel 2m A-B
- Konvertor Blackmagic H.264 Pro Recorder
- Otočný ovladač Contour ShuttlePRO v2
- Notebook HP ProBook 640 + dokovací stanice HP 90W
- Tiskárna HP OfficeJet 8600
- Televizor Panasonic TX- P50ST60E
- Stojan pod notebook (stativ a podložka) Elinchrom Air 105
- Externí disk 1TB Transcend
- Tablet Lenovo Yoga 10 HD 32GB
- Tablet Acer Aspire Switch 10 64GB +500
- Tablet Apple iPad Air 2 64GB
- Fotoaparát Nikon D5100 + objektiv 18-105mm
- Brašna na kameru
- Brašna na fotoaparát
- Brašna na notebook
- Paměťová karta fotoaparát Sandisk SDHC class 10 16GB
- Paměťová karta kamera Sandisk SDHC class 10 32GB
- Bezdrátová myš HP x4000
- Redukce DisplayPort-HDMI



## Literatura

DOVALIL, Josef. 2002. *Výkon a trénink ve sportu*. Vyd. 1. Praha: Olympia, 331 s. ISBN 80-703-3760-5

JANURA, Miroslav a František ZAHÁLKA. 2004. *Kinematická analýza pohybu člověka*. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 80-244-0930-5

SOUMAR, Libor. 2011. *Kinematická analýza*. 1. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně.

KARAS, Vladimír, Stanislav OTÁHAL a Petr SUŠANKA. 1990. *Biomechanika tělesných cvičení*. 1. Praha: SNP. ISBN 80-04-20554-2.

NÁDVORNÍK, Zdeněk. 1989. *Základy tělesných cvičení*. 1. Praha: SPN. ISBN 80-04-23297-3

HAY, James G. 1993. *The biomechanics of sports techniques*. New Jersey. ISBN 0-13-084534-5

AMBRA-SOLUTION. *ambra-solution* [online]. [cit. 7.5.2015]. Dostupný na WWW: <http://www.ambra-solutions.co.uk/dartfish/images/dartfi3.jpg>

DARTFISH, Dartfish. *Dartfish* [online]. [cit. 7.5.2015]. Dostupný na WWW: [https://www.google.cz/search?q=dartfish+pictures&ie=utf-8&oe=utf-8&gws\\_rd=cr&ei=YU5LVdjXOon-ygPnyYHADQ](https://www.google.cz/search?q=dartfish+pictures&ie=utf-8&oe=utf-8&gws_rd=cr&ei=YU5LVdjXOon-ygPnyYHADQ)

GUILMATTE, Tom. <http://www.tomguilmette.com> [online]. [cit. 7.5.2015]. Dostupný na WWW: [http://www.tomguilmette.com/wp/wp-content/blog\\_photos/davelax/camera.jpg](http://www.tomguilmette.com/wp/wp-content/blog_photos/davelax/camera.jpg)

HONSCHEID, Tristian. *Clinical sport medicine* [online]. [cit. 7.5.2015]. Dostupný na WWW: <http://www.clinicalsportsmedicine.com/wp-content/uploads/2013/07/compression-garments-hurdles-Tristan-Honscheid.jpg>

LEE, Jimson. *speedendurance.com* [online]. [cit. 7.5.2015]. Dostupný na WWW: [http://speedendurance.com/wp-content/uploads/2011/08/allen\\_johnson\\_grid.jpg](http://speedendurance.com/wp-content/uploads/2011/08/allen_johnson_grid.jpg)

KME.ZCU.. *kme.zcu* [online]. [cit. 7.5.2015]. Dostupný na WWW: <https://www.google.cz/search?q=segmenty+lidsk%C3%A9ho+t%C4%9Bla&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&e>

NEZNÁMÝ. *tocasports* [online]. [cit. 7.5.2015]. Dostupný na WWW: <http://tocasports.com/wp-content/uploads/2013/08/pathway.jpg>

SONY. *sonyglobal.com* [online]. [cit. 7.5.2015]. Dostupný na WWW: <http://sonyglobal.scene7.com/is/image/gwtprod/7d03bc87d91aea4b60157eb3954bf31a?fmt=png-alpha&wid=1014&hei=396>