



Marko Marković,
Matej Supej, Frane Erčulj

Uporaba programa tracker za kinematično analizo gibanja športnikov

Izvleček

Razvoj sodobne računalniške tehnologije, kinematičnih metod in ekspertnega znanja je omogočil povsem nov pristop pri proučevanju športnikovega gibanja. Z razvojem športne tehnologije je posledično opazen napredek tako v individualnih kot v moštvenih športih, kjer je tehnična dovršenost skupaj z ostalimi dejavniki izjemnega pomena. Z uporabo programa Tracker lahko preiskujemo kinematične parametre, s katerimi preučujemo gibanje športnikov in njihovih rekvizitov v dvodimenzionalnem prostoru in v odvisnosti od časa. Z izborom usmerjenosti dvodimenzionalnega koordinatnega sistema in določitve časovnega razmerja video posnetka (sinhronizacije) ter umerjanja dolžine (kalibracije) tako vsaka izbrana točka na posnetku dobi dejanske ravninske in časovne koordinate. Poleg tega pa program predstavlja odlično učno sredstvo, ki se lahko uporablja tudi pri pouku športne vzgoje kot metoda informacijsko-komunikacijske tehnologije ali medpredmetnega povezovanja, kar omogoča učencem interaktivno učenje ter posledično večje zanimanje za učno snov.

Ključne besede: kinematika, video analiza, šport



Foto: Žan Tavčar

Application of the tracker software for kinematic analysis of athletes' motion

Abstract

The development of modern computer technology, kinematic methods and expertise has brought about an entirely new approach to the study of an athlete's motion. Progress in sport technology has led to advancement in individual and team sports where technical perfection, along with other factors, is vitally important. The Tracker software enables investigation of kinematic parameters applied in the study of movement of athletes and their sport equipment in a two-dimensional space and through time dependence. By determining the direction of the two-dimensional coordinate system and the temporal relation of the video recording (dubbing) as well as calibrating the length, each selected point on the recording obtains real spatial and temporal coordinates. Moreover, the program is an excellent learning tool that can be used in PE lessons as a method of information and communication technology (ICT) or interdisciplinary curriculum which facilitates students' interactive learning and consequently increases their interest in the subject matter.

Key words: kinematics, video analysis, sport training

■ Uvod

Razvoj sodobne računalniške tehnologije, kinematičnih metod in eksperimentalnega znanja je omogočil povsem nov pristop pri proučevanju športnikovega gibanja. Z razvojem športne tehnologije je posledično opazen tudi napredek tako v individualnih kot v moštvenih športih, kjer je tehnična dovršenost skupaj z ostalimi dejavniki izjemnega pomena. Vrhunski rezultat je želja oz. cilj vseh akterjev na področju športnega treniranja. Športni rezultati se približujejo zgornji meji človekovih sposobnosti, zato se v proces treniranja vpeljujejo vedno nove metode in sredstva. Ta postaja zaradi vedno večje interdisciplinarnosti vse bolj premišljen, načrtovan in strokovno voden, z namenom izolacije in minimalizacije vpliva naključnih dejavnikov (Pori, 2000).

Ideje za analiziranje gibanja z uporabo video posnetkov segajo globoko v prejšnje stoletje, kjer so s pomočjo osnovne kinematike ročno projicirali različna gibanja in s tem poskušali pridobiti podatke o položaju telesa v prostoru. Vloga kinematike v trenažnem procesu športnikov in doseganju vrhunskih rezultatov je sčasoma postajala vse bolj pomembna, hkrati pa je s pomočjo sodobne kinematike in njenih pripomočkov opis gibanja športnika v prostoru postajal vse bolj kakovosten, natančen in tudi zapleten. Takšen opis namreč zahteva veliko število podatkov in izračunov, ki zajemajo linearne in kotne premike ter hitrosti in pospeške v vseh treh človeških ravninah: frontalna (čelna), sagitalna (stranska) in transverzalna (prečna).

Današnja tehnologija nam omogoča spremljanje gibanja v 2D ali 3D kinematiki, s katerimi pridobimo ogromno število podatkov, ki jih lahko obdelamo in analiziramo. Za doseganje vrhunskih rezultatov v športu velikokrat odločajo malenkosti, saj so danes vrhunski športniki med seboj zelo izenačeni tako po telesni pripravljenosti kot tudi tehniki. Trener lahko pripelje športnika do določene kakovostne ravni na način, ko tehniko gibanja opazuje še brez tehničnih pripomočkov. Za prehod na na-

slednjo kakovostno raven se uporablja standardna video oprema, s pomočjo katere posnamemo športnika in potem v počasnem posnetku analiziramo gibanje. Še vedno pa gre pri tem le za grobo opazovanje gibanja, kar pomeni, da je takšna analiza še vedno kvalitativna in odvisna od trenerjeve natančnosti in izkušenosti (Lekše, 2006).

Za zadovoljitev standardov, ki jih vrhunski šport zahteva, je potrebna podpora stroke in znanosti ter natančna kinematična analiza gibanja, kjer se športnikovo gibanje posname s kamero ali večjim številom kamer, odvisno od gibanja v prostoru in zahtevnosti analize. Uporaba informacijsko-komunikacijske tehnologije, s katero lahko te podatke oz. fizikalne parametre temeljito in natančno analiziramo, je lahko ključnega pomena pri procesu učenja tehničnih elementov v športu. Glede na to, da sodobna informacijsko-komunikacijska tehnologija postaja vse bolj dostopna in prijazna tudi širši množici uporabnikov, predstavlja odlično učno sredstvo, ki se lahko uporablja tudi pri pouku športne vzgoje ali medpredmetnem povezovanju. Učencem omogoča interaktivno učenje ter posledično večje zanimanje za učno snov.

Eno od sredstev sodobne informacijsko-komunikacijske tehnologije, namenjeno preučevanju kinematike gibanja, ki ga lahko enostavno in učinkovito uporabljamo tudi v športu, je računalniški program Tracker, ki ga želimo predstaviti v nadaljevanju. Program je namenjen ugotavljanju kinematičnih parametrov, s katerimi preučujemo gibanje športnikov in njihovih športnih rekvizitov v dvodimenzionalnem prostoru in v odvisnosti od časa.

■ Opis delovanja programa tracker

Osnovne značilnosti programa

Avtor programa Tracker je profesor Douglas Brown, ameriški fizik in predavatelj na Fakulteti Cabrillo v Kaliforniji. Razveseljuje dejstvo, da je program podprt s slovenskim jezikom in je popolnoma brezplačen in dosegljiv na internetu, poleg tega pa je programiran

v Java okolju, kar omogoča podporo vseh treh najbolj priljubljenih operacijskih sistemov: Windows, Mac in Linux. Prosto dostopen program Tracker za video analizo gibanja objektov omogoča sveže in kreativen pristop k preučevanju športa. Z izborom koordinatnega sistema in določitve časovnega razmerja video posnetka (sinhronizacije) ter umerjanja dolžine (kalibracije) vsaka točka na posnetku dobi dejanske prostorske in časovne koordinate, ki jim lahko sledimo in ugotavljamo njihove lastnosti gibanja.

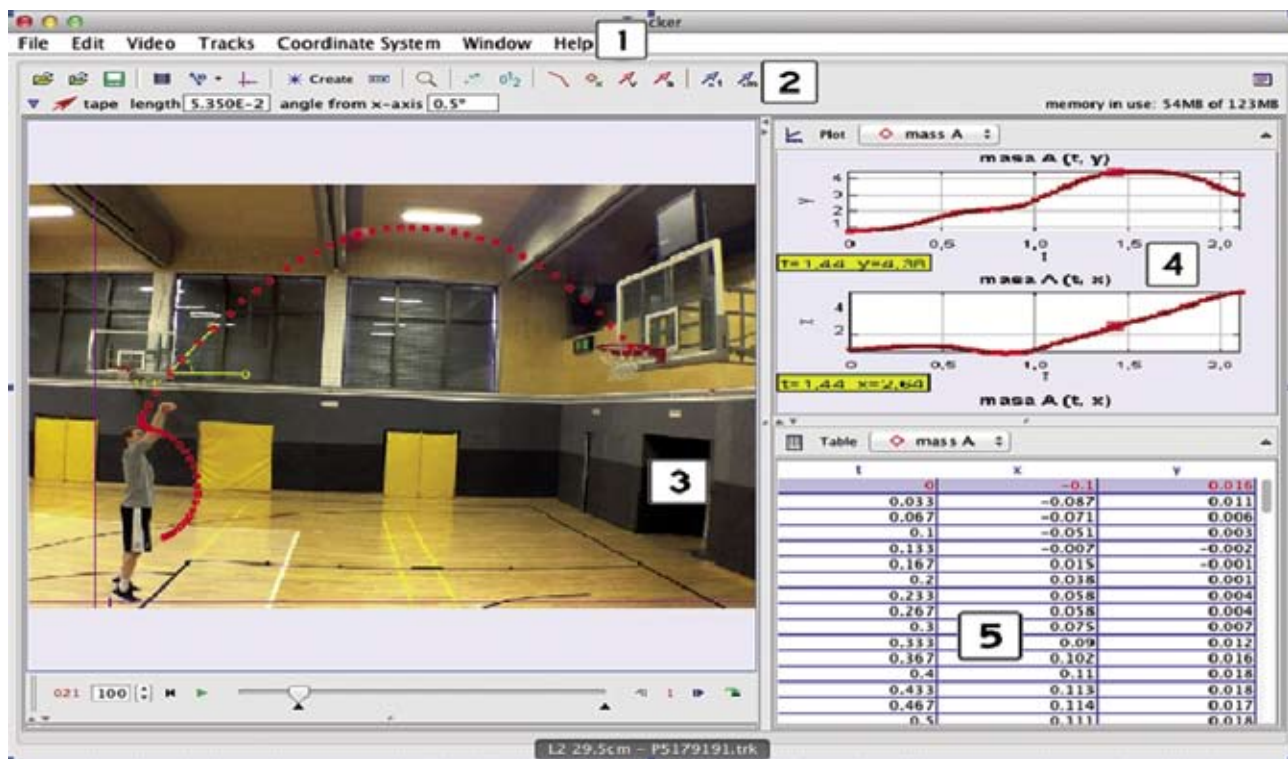
Diagram prikazuje sledi podatkov. Ima svojo lastno orodno vrstico za izbiro sledi in prikaza več diagramov hkrati. Barva oznak diagrama je enaka barvi izbrane sledi. V diagramu je poudarjena podatkovna točka, ki ustreza tekoči video sličici ali trenutno izbranemu koraku, njene koordinate pa so prikazane v levem spodnjem kotu. Pogled na podatkovno tabelo prikazuje tabelo s podatki o sledih. Ima svojo lastno orodno vrstico za izbiranje sledi in stolpcev za vidnimi podatki. Podatke, prikazane v tabeli, lahko analiziramo s podatkovnim orodjem ali kopiramo v odložišče za prenos v preglednico ali kakšno drugo aplikacijo.

S Trackerjem lahko analiziramo tri različne tipe video posnetkov: **digitalne video** datoteke (.mov, .avi, .mp4, .flv, .wmv itd.), ki zahtevajo primeren **video pogon**, **animirane GIF** datoteke (.gif) ter **slikovne sekvence**, ki jih predstavlja ena ali več digitalnih slik (.jpg, .png ali slik, skopiranih z odložišča). Poleg tega program podpira dva različna **video pogona**, **Xuggle** (Windows, Mac, Linux) odpira večino video datotek vključno z .mov, .avi in .mp4 in **QuickTime** (Windows, Mac), ki odpira le datoteke .mov, .avi in .mp4 (Douglas, 2013).

Priprava na video analizo

Nastavitev kadra

Ko želimo preučevati nek kinematični pojav oziroma gibanje, se moramo osredotočiti samo nanj, saj ne želimo imeti v kadru nepotrebnih predmetov, ki bi nam zmanjšale vidnost opazovanega objekta in s tem onemogočile



Slika 1: Program Tracker prikazuje glavni meni (1), orodno vrstico (2), glavni video meni (3), grafični meni (4), tabelarni meni (5).

pridobitev relativnih spremenljivk in njihove korelacije. Večbarvni kontrast v ozadju poskusa je lahko problematičen, če želimo, da program avtomatično sledi nekemu predmetu ali masni točki. Zato je pomembno, da ima predmet, ki ga sledimo, večji kontrast slike, kot je ta v ozadju. Kljub temu da sistem deluje v barvnem načinu, se v praksi izkaže, da dobimo največji kontrast, kadar imamo markerje bele barve, okolico pa črne.

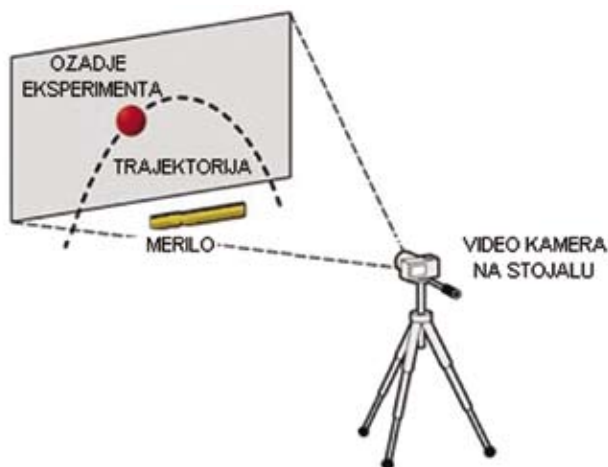
Izbor kamere in priprava snemanja

Za snemanje poskusa lahko uporabljamo web kamere, fotoaparate in video kamere. Današnja standardna video oprema omogoča snemanje od približno 15 do 120 sličic na sekundo. Poznamo tudi visokofrekvenčne kamere, ki pa segajo do preko 150000 sličic na sekundo. Pomemben faktor je tudi ločljivost, saj je potrebno za dobro kakovost slike imeti čim večje število točk na enoto površine, kar nam omogoča lažje in bolj natančno sledenje preučevanemu objektu.

Postavitev in kot snemanja

Pravilna postavitve kamere in kot snemanja sta ključna faktorja za pridobitev

točnih podatkov. Kamero postavimo pravokotno na smer gibanja predmeta, ki ga želimo analizirati (Slika 2). Pomembno je, da se kamera med poskusom ne premika, saj želimo izmeriti stvarne premike in ne »fantomske«, ki bi bili posledica premika kamere. Po drugi strani pa mora biti premik pravokoten na smer snemanja, sicer na posnetku zajamemo projekcijo gibanja na ravnino snemanja.



Slika 2: Prikaz postavitve in kota snemanja z video kamero.

Primer analize video posnetka s pomočjo programa tracker

Uporabo programa Tracker bomo predstavili na primeru meta na koš iz skoka. V analizi se bomo osredotočili na analizo gibanja žoge ter poskušali ugotoviti najpomembnejše parametre, ki vplivajo na uspešnost meta iz skoka v košarki. Gibanje (met) smo posneli z digitalno video kamero Sony Handycam DCR-SX44, ki nam omogoča zajem pri frekvenci 30 sličic na sekundo.

Uvoz video posnetka

Želeni video posnetek lahko uvozimo na dva načina. Prvi način je, da v orodni vrstici izberemo Datoteka/Odpri in izberemo želeni video posnetek, drugi način pa je »potegni in izpusti« in tako enostavno želeni dokument prenese mo v okno videa.

Določitev časovnega razmerja sinhronizacije

V večini primerov ne želimo analizirati celotnega posnetka, zato nam program omogoča, da izberemo zelene kadre (Slika 3). Izbiramo lahko dolžino izseka, korak in hitrost.

Umerjanje dolžine kalibracije

Merilna palica je privzeto orodje za kalibracijo video **merila**. To pomeni razmerje razdalje v metrih (ali kakšni drugi dolžinski enoti). Za lažjo kalibracijo ima palica nepremično (nastavljivo) dolžino v merskih enotah (npr.: metrih), vendar spremenljivo dolžino v točkah. V izpisu in na orodni vrstici je podana velikost v metrih. Video kalibriramo tako, da najprej povlečemo konca merilne pa-



Slika 3: Video trak za analiziranje posnetka.

lice na neko značilnost znane dolžine (na primer na meter dolgo palico). Nato kliknemo na izpis in vnesemo znano dolžino (brez navedbe enot).

Postavitev koordinatnega sistema

Ko označimo točko v glavnem pogledu na video v programu Tracker, določimo njen položaj na sliki oz. koordinatnem sistemu. Koordinatne osi prikazujejo lokacijo izhodišča in naklon osi x koordinatnega sistema. Izhodišče na presečišču osi in pozitivna os x sta označeni z oznako v bližini izhodišča. Pozitivna os y je vedno pravokotna glede na pozitivno os x v nasprotni smeri od urinega kazalca (Slika 4).

Spremljanje opazovanega predmeta

Sled masne točke predstavlja maso, ki se giblje kot predmet velikosti točke. To je najbolj osnoven model gibanja



Slika 4: Postavitev koordinatnega sistema in merilne palice.

predmeta z vztrajnostjo. Masne točke so gradniki, s katerimi v klasični fiziki gradimo bolj kompleksne in realistične modele fizikalnih sistemov.

Označevanje in urejanje korakov

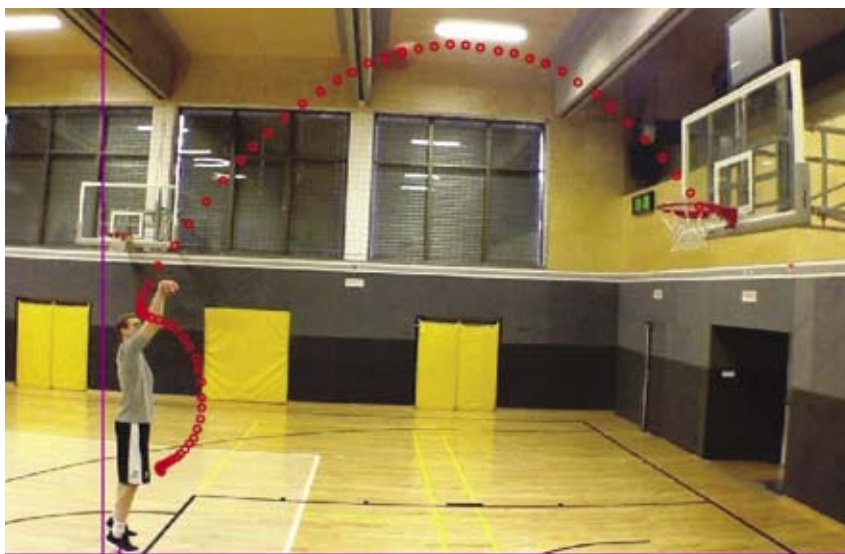
Ročno sledenje uporabljamo tako, da v danem koraku označimo položaj miške s »shift«/ »klik«. Ali pa s tipkama »shift«/»enter« označimo korak na istem

nekaterimi drugimi je v **avtomatskem sledenju**. Če ima opazovani predmet v vseh video sličinah dovolj nesprejemljivo obliko, velikost, barvo in usmeritev, ji lahko avtomatsko sledimo s pomočjo avtomatskega sledilca. Tako ni potrebno ročno označevanje z miško v vseh sličinah. Proces sledenja je zato hitrejši in tvori bolj natančne podatke. Položaje opazovane točke lahko označujemo avtomatsko, če ima opazovana točka nesprejemljivo obliko, velikost, barvo in usmeritev (Slika 5).

■ Grafična in podatkovna analiza rezultatov

Po končanem sledenju lahko analiziramo dobljene podatke. Program

mestu, kot je to bilo v predhodnem koraku. Za lažje in hitrejšo označevanje se bo video avtomatsko pomikal naprej. Prednost tega programa pred



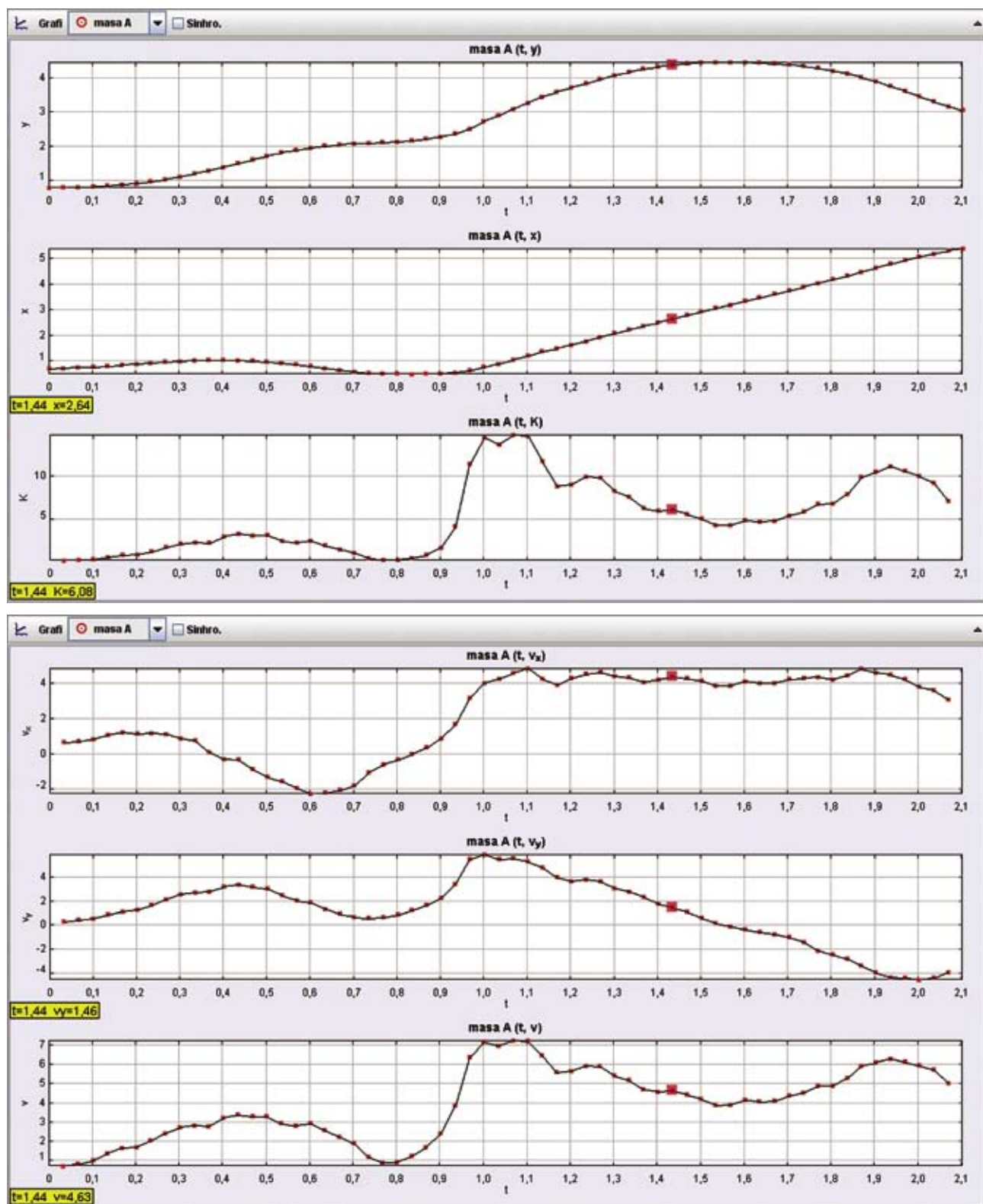
Slika 5: Postavitev koordinatnega sistema s sledni masne točke.

nam avtomatično prikaže x-t, y-t graf (spremembo položaja v vodoravni in navpični smeri v odvisnosti od časa) in tabelo podatkov (čas t, x in y koordinata-

te). V kolikor želimo prikaz drugih parametrov, preprosto kliknemo oznako na osi grafikona. Pojavi se okno, v katerem se nahaja 21 različnih parametrov, in

naša naloga je, da označimo zelene parametre.

Pogled na diagram prikazuje grafe kinematičnih parametrov. Barva oznak/



Slika 6: Grafi nam prikazujejo različne parametre v odvisnosti od časa.

črte diagrama je enaka barvi izbrane sledi. V diagramu je poudarjena podatkovna točka, ki ustreza tekoči video sličici ali trenutno izbranemu koraku, njene koordinate so prikazane v levem spodnjem kotu (Slika 6).

Poleg grafičnih prikazov lahko izberemo tudi podatkovne tabele, ki nam prikazujejo kinematične podatke numerično. Podatke, prikazane v tabeli, lahko analiziramo s podatkovnim orodjem ali kopiramo v odložišče za prenos v preglednico ali kakšno drugo aplikacijo npr. MS Excel (Slika 7).

V našem primeru smo na osnovi dobljenih rezultatov analizirali nekatere pomembne parametre, ki vplivajo na uspešnost meta iz skoka v košarki (Tabela 1). Skupaj z izmetno višino in izmetnim kotom je izmetna hitrost tisti osnovni dejavnik, ki vpliva na natančnost meta. Poleg omenjenih dejavnikov ne smemo zanemariti časovne hitrosti izvedbe posameznih tehničnih elementov, saj je košarka sama po sebi zelo hitra ter dinamična igra in zahteva

od igralcev hitro in učinkovito izvedbo tehničnih elementov v igri.

Zelo pomemben podatek je izmetni čas. Ta nam pove, koliko časa igralec potrebuje, da žogo sprejme in izvede met. Za orientacijo lahko navedemo, da imajo dobri strelci izmetni čas od 0,7 do 0,8 s (Rojas in sod., 2000), kar jim omogoča večjo možnost neoviranega meta in s tem tudi večjo uspešnost. Po spodnjih podatkih lahko vidimo, da je naš testiraneec potreboval 0,9 s za izvedbo meta.

Naslednji zanimiv podatek je čas do odziva, ki nam pove, koliko časa potrebuje igralec od sprejema žoge do odziva v met iz skoka. Za met na koš iz skoka je značilno, da je skok izveden z odzivom obeh nog z mesta ali pa iz predhodnega gibanja po enotaktnem ali dvotaktnem zaustavljanju. Odriv se istočasno vrši z obema nogama in je končan, ko obe nogi zapustita podlago. Velikokrat smo priča, da igralci pri sprejemu žoge niso v ustrezno nizki preži in/ali v ravnotežnem položaju. Posledica tega je kompenzacijska gibanja po sprejemu

žoge ter slaba in počasna izvedba odziva in tudi meta v celoti. Iz podatkov je razvidno, da je naš testiraneec potreboval 0,6 s za sprejem žoge in odriv v izmet.

Po zaustavljanju iz teka je potrebno horizontalno gibalno količino v trenutku sprejema žoge čim bolj prenesti v navpično gibalno količino, saj se mora igralec pri metu odriniti čim hitreje, čim višje in čim bolj navpično. Negativni izmetni čas prikazuje premik žoge po sprejemu v negativni vertikalni smeri (navzdol). Tehnično pravilna izvedba meta temelji na čim manjšem spuščanju žoge v smeri navzdol. Naš testiraneec z višino 1,89 metra je žogo prejel na višini 1,34 m in jo nato po vertikalni smeri spustil na višino 0,84 m kar je tudi najnižja točka, ki jo doseže žoga po sprejemu. Vidimo torej, da je igralec po sprejemu žoge v 0,3 s spustil žogo za 0,48 m. V vrhunski košarki lahko v tem času obrambni igralec uspešno ovira ali celo blokira met.

Prej omenjeni glavni dejavniki učinkovitosti meta so med seboj odvisni, saj

| step | t | x | y | r | θ _r | v _x | v _y | v | θ _v | a _x | a _y | a | θ _a | θ | ω | ε | p _x | p _y | p | θ _p | K | |
|------|-------|-------|-------|-------|----------------|----------------|----------------|-------|----------------|----------------|----------------|--------|----------------|-------|-------|--------|----------------|----------------|-------|----------------|--------|--|
| 0 | 0 | 0,691 | 0,788 | 1,047 | 48,7° | | | | | | | | | 48,7° | | | | | | | | |
| 1 | 0,033 | 0,711 | 0,795 | 1,067 | 48,2° | 0,861 | 0,298 | 0,725 | 24,2° | | | | | 48,2° | -15,8 | | 0,375 | 0,169 | 0,411 | 13,7° | 0,149 | |
| 2 | 0,067 | 0,736 | 0,806 | 1,091 | 47,6° | 0,71 | 0,419 | 0,825 | 30,6° | 3,318 | 3,595 | 4,892 | 47,3° | 47,6° | -12,8 | 19,5 | 0,403 | 0,238 | 0,468 | 17,3° | 0,193 | |
| 3 | 0,102 | 0,76 | 0,824 | 1,121 | 47,3° | 0,839 | 0,549 | 1,002 | 33,2° | 4,978 | 6,913 | 8,519 | 54,2° | 47,3° | -12,4 | 74,0 | 0,476 | 0,311 | 0,568 | 18,8° | 0,265 | |
| 4 | 0,135 | 0,793 | 0,844 | 1,158 | 46,8° | 1,091 | 0,86 | 1,389 | 38,2° | 5,254 | 7,19 | 8,905 | 53,8° | 46,8° | -10,4 | 72,1 | 0,619 | 0,488 | 0,788 | 21,7° | 0,547 | |
| 5 | 0,168 | 0,833 | 0,881 | 1,212 | 46,6° | 1,224 | 1,125 | 1,662 | 42,6° | 0,85 | 6,804 | 6,857 | 82,9° | 46,6° | -5,5 | 201,4 | 0,694 | 0,638 | 0,942 | 24,1° | 0,783 | |
| 6 | 0,202 | 0,874 | 0,919 | 1,268 | 46,4° | 1,158 | 1,257 | 1,709 | 47,4° | 0,283 | 7,938 | 7,943 | 88,0° | 46,4° | 0,9 | 225,9 | 0,656 | 0,713 | 0,969 | 26,6° | 0,828 | |
| 7 | 0,235 | 0,91 | 0,985 | 1,326 | 46,7° | 1,191 | 1,654 | 2,038 | 54,2° | -1,701 | 13,041 | 13,151 | 97,4° | 46,7° | 11,3 | 392,4 | 0,675 | 0,938 | 1,155 | 30,8° | 1,177 | |
| 8 | 0,268 | 0,954 | 1,029 | 1,403 | 47,2° | 1,125 | 2,15 | 2,426 | 62,4° | -3,402 | 13,891 | 14,302 | 103,8° | 47,2° | 25,4 | 398,9 | 0,638 | 1,219 | 1,378 | 35,4° | 1,669 | |
| 9 | 0,302 | 0,995 | 1,108 | 1,483 | 48,4° | 0,893 | 2,58 | 2,73 | 70,9° | -5,953 | 7,938 | 9,922 | 126,8° | 48,4° | 40,1 | 265,3 | 0,506 | 1,463 | 1,548 | 40,2° | 2,113 | |
| 10 | 0,335 | 1,013 | 1,201 | 1,571 | 49,8° | 0,781 | 2,712 | 2,817 | 74,3° | -12,757 | 3,969 | 13,36 | 162,7° | 49,8° | 42,7 | 302,4 | 0,431 | 1,538 | 1,597 | 42,1° | 2,249 | |
| 11 | 0,368 | 1,035 | 1,289 | 1,654 | 51,2° | 0,099 | 2,778 | 2,78 | 88,0° | -13,324 | 7,371 | 15,227 | 151,0° | 51,2° | 57,2 | 349,0 | 0,056 | 1,575 | 1,576 | 49,9° | 2,191 | |
| 12 | 0,402 | 1,02 | 1,388 | 1,721 | 53,7° | -0,298 | 3,208 | 3,222 | 95,3° | -8,788 | 7,654 | 11,654 | 138,9° | 53,7° | 70,9 | 211,5 | -0,169 | 1,819 | 1,827 | 54,0° | 2,943 | |
| 13 | 0,435 | 1,016 | 1,503 | 1,814 | 56,0° | -0,331 | 3,374 | 3,39 | 95,6° | -7,938 | 0,567 | 7,958 | 175,9° | 56,0° | 60,6 | 35,6 | -0,188 | 1,913 | 1,922 | 54,2° | 3,257 | |
| 14 | 0,468 | 0,998 | 1,611 | 1,895 | 58,2° | -0,98 | 3,175 | 3,289 | 105,2° | -13,608 | -5,103 | 14,533 | -159,4° | 58,2° | 72,7 | 92,5 | -0,488 | 1,8 | 1,885 | 59,6° | 3,068 | |
| 15 | 0,502 | 0,958 | 1,715 | 1,964 | 60,8° | -1,29 | 3,043 | 3,305 | 113,0° | -11,056 | -11,34 | 15,837 | -134,3° | 60,8° | 76,3 | -15,4 | -0,731 | 1,725 | 1,874 | 64,1° | 3,096 | |
| 16 | 0,535 | 0,912 | 1,814 | 2,03 | 63,3° | -1,554 | 2,481 | 2,927 | 122,1° | -9,355 | -12,757 | 15,82 | -126,3° | 63,3° | 71,3 | -41,2 | -0,881 | 1,406 | 1,66 | 69,2° | 2,429 | |
| 17 | 0,568 | 0,855 | 1,88 | 2,065 | 65,6° | -1,918 | 2,051 | 2,808 | 133,1° | -10,206 | -10,773 | 14,839 | -133,5° | 65,6° | 71,9 | 47,1 | -1,088 | 1,163 | 1,592 | 75,5° | 2,235 | |
| 18 | 0,602 | 0,784 | 1,951 | 2,102 | 68,1° | -2,249 | 1,885 | 2,935 | 140,0° | -3,402 | -9,922 | 10,489 | -108,8° | 68,1° | 76,3 | -67,9 | -1,275 | 1,069 | 1,684 | 79,4° | 2,442 | |
| 19 | 0,635 | 0,705 | 2,006 | 2,126 | 70,6° | -2,193 | 1,356 | 2,57 | 148,2° | 1,701 | -13,891 | 13,995 | -83,0° | 70,6° | 67,9 | -209,1 | -1,238 | 0,769 | 1,457 | 84,0° | 1,872 | |
| 20 | 0,668 | 0,639 | 2,041 | 2,139 | 72,6° | -2,051 | 0,926 | 2,25 | 155,7° | 7,371 | -10,773 | 13,053 | -55,6° | 72,6° | 59,9 | -297,1 | -1,163 | 0,525 | 1,278 | 88,3° | 1,436 | |
| 21 | 0,702 | 0,568 | 2,088 | 2,144 | 74,6° | -1,786 | 0,661 | 1,905 | 159,7° | 14,741 | -4,536 | 15,424 | -17,1° | 74,6° | 50,7 | -425,5 | -1,013 | 0,375 | 1,09 | 90,5° | 1,026 | |
| 22 | 0,735 | 0,52 | 2,085 | 2,149 | 76,0° | -1,025 | 0,595 | 1,186 | 149,9° | 16,726 | -0,567 | 16,736 | -1,9° | 76,0° | 30,3 | -445,2 | -0,581 | 0,338 | 0,872 | 85,0° | 0,398 | |
| 23 | 0,768 | 0,5 | 2,107 | 2,166 | 76,7° | -0,595 | 0,661 | 0,89 | 132,0° | 11,907 | 4,536 | 12,741 | 20,8° | 76,7° | 19,4 | -288,2 | -0,338 | 0,375 | 0,505 | 74,8° | 0,225 | |
| 24 | 0,802 | 0,48 | 2,129 | 2,183 | 77,3° | -0,331 | 0,86 | 0,921 | 111,0° | 7,938 | 7,938 | 11,226 | 45,0° | 77,3° | 13,4 | -185,7 | -0,188 | 0,488 | 0,522 | 63,0° | 0,241 | |
| 25 | 0,835 | 0,478 | 2,165 | 2,217 | 77,6° | 0 | 1,224 | 1,224 | 90,0° | 11,34 | 12,19 | 16,649 | 47,1° | 77,6° | 6,8 | -222,6 | 0 | 0,694 | 0,694 | 51,0° | 0,425 | |
| 26 | 0,868 | 0,48 | 2,211 | 2,262 | 77,8° | 0,384 | 1,854 | 1,693 | 77,6° | 12,757 | 15,308 | 19,927 | 50,2° | 77,8° | 0,6 | -226,8 | 0,206 | 0,938 | 0,96 | 44,0° | 0,813 | |
| 27 | 0,902 | 0,502 | 2,275 | 2,297 | 77,8° | 0,893 | 2,249 | 2,42 | 68,3° | 20,753 | 27,621 | 34,548 | 53,1° | 77,8° | -9,4 | -318,0 | 0,506 | 1,275 | 1,372 | 38,8° | 1,66 | |
| 28 | 0,935 | 0,539 | 2,381 | 2,422 | 77,1° | 1,59 | 3,43 | 3,824 | 63,6° | 34,716 | 48,428 | 59,586 | 54,4° | 77,1° | -20,3 | -434,2 | 0,958 | 1,945 | 2,168 | 36,2° | 4,146 | |
| 29 | 0,968 | 0,615 | 2,503 | 2,578 | 76,2° | 3,201 | 5,499 | 6,363 | 59,8° | 32,201 | 31,966 | 45,373 | 44,8° | 76,2° | -38,4 | -377,5 | 1,915 | 3,118 | 3,808 | 33,9° | 11,478 | |
| 30 | 1,002 | 0,753 | 2,727 | 2,829 | 74,6° | 4,041 | 5,904 | 7,155 | 55,6° | 19,351 | 6,718 | 20,484 | 19,1° | 74,6° | -47,6 | -156,8 | 2,291 | 3,348 | 4,057 | 31,5° | 14,512 | |
| 31 | 1,035 | 0,884 | 2,897 | 3,029 | 73,0° | 4,277 | 5,494 | 6,955 | 52,0° | 6,941 | -9,155 | 11,489 | -52,8° | 73,0° | -46,8 | 33,8 | 2,425 | 3,11 | 3,944 | 29,5° | 13,714 | |
| 32 | 1,068 | 1,038 | 3,093 | 3,263 | 71,5° | 4,817 | 5,567 | 7,232 | 50,3° | 10,34 | -0,604 | 10,357 | -3,3° | 71,5° | -46,0 | 9,7 | 2,818 | 3,156 | 4,101 | 28,5° | 14,828 | |
| 33 | 1,102 | 1,192 | 3,298 | 3,479 | 70,0° | 4,88 | 5,294 | 7,199 | 47,3° | -8,458 | -13,181 | 15,66 | -122,7° | 70,0° | -45,5 | 202,4 | 2,767 | 3,001 | 4,082 | 26,8° | 14,694 | |
| 34 | 1,135 | 1,363 | 3,446 | 3,706 | 68,4° | 4,256 | 4,817 | 6,428 | 48,5° | -8,69 | -18,194 | 20,163 | -115,5° | 68,4° | -34,7 | 147,6 | 2,413 | 2,731 | 3,644 | 27,5° | 11,712 | |
| 35 | 1,168 | 1,475 | 3,589 | 3,881 | 67,7° | 3,928 | 3,975 | 5,589 | 45,3° | -4,009 | -17,237 | 17,697 | -103,1° | 67,7° | -31,0 | 60,3 | 2,227 | 2,254 | 3,189 | 25,7° | 8,655 | |
| 36 | 1,202 | 1,625 | 3,711 | 4,051 | 66,4° | 4,302 | 3,848 | 5,641 | 40,3° | 12,236 | -3,065 | 12,814 | -14,1° | 66,4° | -35,2 | -91,4 | 2,439 | 2,068 | 3,198 | 22,6° | 9,02 | |
| 37 | 1,235 | 1,762 | 3,833 | 4,218 | 65,3° | 4,549 | 3,796 | 5,925 | 39,8° | 2,012 | -1,425 | 2,466 | -35,3° | 65,3° | -34,4 | 51,3 | 2,579 | 2,152 | 3,359 | 22,6° | 9,951 | |
| 38 | 1,268 | 1,928 | 3,984 | 4,408 | 64,1° | 4,636 | 3,639 | 5,894 | 38,1° | 1,046 | -9,606 | 9,663 | -83,8° | 64,1° | -33,8 | 8,7 | 2,629 | 2,063 | 3,342 | 21,6° | 9,848 | |

Slika 7: Podatki v tabeli nam prikazujejo različne kinematične parametre, ki smo jih izbrali za pregled oziroma nadaljnjo obdelavo.

Tabela 1: Analiza meta iz skoka

| Analiza parametrov | Rezultati | Opis |
|-------------------------------|-----------|--|
| Absolutni čas gibanja žoge | 2,00 s | Čas gibanja žoge od začetne do končne točke. |
| Čas do izmeta žoge | 0,90 s | Čas od trenutka, ko igralec žogo sprejme, do trenutka, ko ta zapusti njegove roke. |
| Čas do odrida igralca | 0,60 s | Čas od sprejema žoge do odrida v met iz skoka. |
| Čas leta igralca | 0,30 s | Čas od odrida do doskoka igralca. |
| Poz. čas izmeta | 0,60 s | Čas, ko se žoga premika v pozitivni vertikalni smeri. |
| Neg. čas izmeta | 0,30 s | Čas, ko se žoga premika v negativni vertikalni smeri. |
| Višina sprejema žoge | 1,34 m | Višina, na kateri je igralec sprejel žogo. |
| Max. višina gibanja žoge | 4,32 m | Maksimalna višina, ki jo doseže žoga po izmetu. |
| Min. višina gibanja žoge | 0,85 m | Minimalna višina, ki jo doseže žoga po sprejemu. |
| Poz. vertikalni premik žoge | 2,03 m | Premik žoge v Y (vertikalni) smeri navzgor; smer ↑. |
| Neg. vertikalni premik žoge | 0,48 m | Premik žoge v Y (vertikalni) smeri navzdol; smer ↓. |
| Poz. horizontalni premik žoge | 0,82 m | Premik žoge v X smeri, v pozitivni smeri; smer →. |
| Izmetna višina žoge | 2,89 m | Višina, pri kateri žoga zapusti izmetno roko. |
| Abs. hitrost žoge ob izmetu | 6,72 m/s | Absolutna hitrost žoge ob izmetu. |
| Ver. hitrost žoge ob izmetu | 4,46 m/s | Hitrost žoge ob izmetu v Y (vertikalni) smeri. |
| Hor. hitrost žoge ob izmetu | 5,02 m/s | Hitrost žoge ob izmetu v X (horizontalni) smeri. |
| Izmetni kot žoge | 48,4° | Kot, pod katerim žoga zapusti izmetno roko. |
| Vpadni kot žoge | 44,5° | Kot, pod katerim žoga prileti na ali skozi obroč. |

se s spremembo enega spremenijo tudi drugi. Program nam poleg izmetne višine, ki je pri našem testirancu merila 2,89 m, in absolutne izmetne hitrosti, ki je znašala 6,72 m/s, ponuja tudi komponente hitrosti v vertikalni in horizontalni smeri za vsako masno točko, ki nam lahko pove velikost izmetnega kota. Pri metu na koš je zelo pomembna krivulja leta žoge proti košu (razen pri metih od table), ker je točka izmeta žoge praviloma nižja od nivoja obroča. Zato se pri skoraj vsakem metu na koš lahko uporabi besedna zveza balistična krivulja (trajektorija), ki je sinonim za krivuljo leta žoge proti košu. Balistična krivulja je lahko nizka, srednja ali visoka in je odvisna od več dejavnikov, najpomembnejše pa od oddaljenosti od koša, na katerega bo izveden met, in od višine ovire, preko katere bo izveden met (Jovanovič, 1999).

Kot, ki ga oklepata horizontalna (V_x) in vertikalna (V_y) komponenta hitrosti središča žoge, smo izračunali po naslednji formuli:

$$\beta = \arctan(V_y / V_x)$$

β ... vzletni kot žoge v radianih [rad]

V_x , V_y ... komponenti hitrosti žoge v x (horizontalni) in y (vertikalni) smeri

Izmetni kot žoge (β) je kot, pod katerim napadalec izvrže žogo oziroma pod katerim žoga zapusti izmetno roko in preide v fazo leta proti košu. Pri našem testirancu je meril 48,5°. Vpadni kot žoge je kot, pod katerim žoga pade na ali skozi obroč. Ta je pri našem testirancu znašal 44,5°. Vsako manjšanje vpadnega kota žoge ima za posledico manjšo projekcijo obroča – relativna površina koša pravokotno na smer leta žoge, od katere je odvisen odstotek zadetih metov (Dobovičnik, 2012).

Tracker lahko izvozi trenuten video izrezek kot video datoteko, animiran GIF ali slikovno zaporedje. Tako deluje kot preprost video urejevalnik in prekodirnik. Vendar vsebujejo izvoženi video posnetki tudi plasti s sledmi, video filtri in dodatnimi pogledi, kot so koordinatni sistem in diagrami. Tako so uporabni za dokumentiranje rezultatov video modeliranja ali dodatne analize.

Uporabnost programa tracker pri pouku športne vzgoje in medpredmetnem povezovanju

Uporaba programov za analizo gibanja, pridobljenih na osnovi video posnetkov, ima vrsto pozitivnih učinkov, ki jih lahko s pridom izkoristimo v športni praksi. Poleg kinematične analize gibanja oz. tehnične izvedbe določenega

elementa ter posledično odpravljanja napak nam program Tracker lahko služi v pomoč tudi pri interaktivnem učenju fizike in kinematike v osnovnih in srednjih šolah ter medpredmetnem povezovanju s športno vzgojo. S takšnim načinom učenca pritegnemo k sodelovanju in jih hkrati motiviramo za učenje ter lažje razumevanje fizikalnih pojavov in športnih spretnosti.

Uporaba video analize v procesu športne vzgoje odpira nov pristop pri učenju in vodenju vadbenega procesa. Kot rečeno, lahko učitelji športne vzgoje program Tracker uporabljajo kot sredstvo medpredmetnega povezovanja. Določeno športno/gibalno spretnost (element) lahko predstavijo skozi fizikalne parametre (met žogice, težke žoge, meti in podaje v igrh z žogo ...). S pomočjo programa učencem prikažemo parametre, ki se jih s prostim očesom ne da ali pa jih je težko ugotoviti. V povezavi s predmetom fizike lahko vsak učenec analizira lastne projekte in s pomočjo učitelja osvoji osnovne značilnosti programa. Po analizi lahko dobljene rezultate objavi, kar je iz motivacijskega aspekta zopet zelo učinkovito.

Športna vzgoja je nenehen proces bogatenja znanja, razvijanja sposobnosti

in značilnosti ter pomembno sredstvo oblikovanja osebnosti in odnosov med posamezniki. S svojimi cilji, vsebinami, metodami in oblikami dela prispeva k skladnemu bio-psiho-socialnemu razvoju mladega človeka, hkrati pa ga razbremeni in sprosti po napornem šolskem delu (Lorenci, Jurak, Vehovar, Klajnšček Bohinec in Peričič, 2008).

Učenje in poučevanje s pomočjo informacijsko komunikacijskih tehnologij (IKT), virtualnih okolij in različnih računalniških programov je vsekakor tudi pri pouku športne vzgoje dobrodošlo in potrebno, saj ponuja številne priložnosti za kvalitetnejše usvajanje zastavljenih ciljev ter doseganje čim boljših rezultatov učenja. Uporaba IKT nadgradi ter bogati klasično poučevanje in naj ne bo predmet učenja ali orodje za učenje, temveč medij, ki pomaga pri pridobivanju znanja (Polenšek, 2011).

Pri poučevanju želimo slediti trendom in razvoju učne tehnologije. S pomočjo programa Tracker nam bo lažje

uspelo pridobiti pozornost učencev ter dvigniti motivacijo za učenje določenih športnih spretnosti. Učenci bodo z zanimanjem pričakovali objavo rezultatov analiz in si želeli izboljšati svoje rezultate. Športni pedagogi bi se morali vse bolj zavedati, da bo tehnologija pri poučevanju športne vzgoje postala pomembna prav tako kot katerikoli drugo športno orodje in pripomočki za poučevanje športne vzgoje, seveda z namenom, da bo podprla določeno dejavnosti za lažje in uspešnejše uresničevanje zastavljenih ciljev.

■ Literatura

1. Douglas, B. (2013). Tracker. Pridobljeno iz <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>
2. Jovanović, I. (1999). *Košarka teorija i metodika*. Niš.
3. Lekše, M. (2006). *Izbor hitroslikovne kamere za izvajanje kinematičnih analiz gibanja* (Diplomsko delo). Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Maribor.
4. Lorenci, B., Jurak, G., Vehovar, M., Klajnšček Bohinec, T. in Peričič, K. (2008). Učni na-

črt, športna vzgoja, gimnazija. Pridobljeno na http://www.mss.gov.si/fileadmin/mss.gov.si/pageuploads/podrocje/ss/programi/2008/Gimnazije/UN_SPORTNA_VZGOJA_gimn.pdf

5. Polenšek, J. (2011). Športna vzgoja in sodobna tehnologija. Pridobljeno na http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&sqi=2&ved=0CDYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.svz.si%2Fgradiva-in-prispevki-clanov-skupine%2Fcategory%2F10-sportna-vzgoja-in-sodobna-tehnologija%3Fdownload%3D13%3Asportna-vzgoja-in-sodobna-tehnologija-physical-education-and-technology&ei=QOA_UeS4DsbcTAA4j1CwDQ&usq=AFOjCNGGwB7BkkZd6a1zf-ZMDion2gJ01w&sig2=B276BFC-BjQ0n-ShwK45_oA&bvm=bv.43287494,d.Yms
6. Pori, P. (2000). Kinematični model strela v skoku ovrednoten na podlagi ekspertnega modeliranja. *Trener rokomet*, 6, 7–18.
7. Rojas, F. M., Cepero, M., Onã, A. in Gutierrez, M. (2000). Kinematic adjustments in the basketball jump shot against an opponent. *Ergonomics*, 43(10), 1651-1660.
8. Zavod za zdravstveno varstvo Celje. (2007). Sporočilo za medije. Pridobljeno na <http://www.elis-center.com/sportnipedagogi/pdf/2007/telesna%20dejavnost.pdf>

Marko Markovič
absolvent Fakultete za šport
e-pošta: m.marko12@gmail.com