

Uporaba video analize pri učenju plavalne tehnike delfin

Video Analysis in Learning Process of Butterfly Swimming

Marko Ropret, Zvone Balantič

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Slovenija
mropret@siol.net, zvone.balantic@fov.uni-mb.si

Povzetek

Plavalni šport je v 80-ih letih prejšnjega stoletja doživel pomemben preobrat. Tekmovalci si ne pomagajo več predvsem z močjo, ampak so razvili nove tehnike, ki dajejo poudarek učinkovitosti plavanja. Ena pomembnejših sprememb je povečan poudarek na valovanju telesa med plavanjem. Ustrezno valovanje telesa je postalo nepogrešljivo pri obratih in to v vseh tehnikah plavanja. Plavalna tehnika delfin slovi kot najtežja in se je mnogi tekmovalci izogibajo. V raziskavi smo proučili možnosti uporabe video kamere, kot inštrumenta za pospešitev učenja te zahtevne plavalne tehnike. Proučevali smo časovne in tehnične posebnosti plavalčevega stila. Cilj raziskave je bil ugotoviti stopnjo znanja, ki jo v delfinovem slogu lahko usvoji rekreativni plavalec v okviru enoletnega učenja. Rezultati dokazujejo, da je plavalec uspel odpraviti 8 od 11 odkritih napak v tehniki. Preostale napake nakazujejo pomanjkanje gibljivosti in moči. Kljub primerni tehniki se plavalec ni uspel približati časom veteranskega nivoja. Menimo, da z usmerjeno, informacijsko podprto enoletno vadbo dolgih let treningov ni mogoče nadomestiti.

Ključne besede: plavanje, delfinova tehnika, video-analiza, valovanje

Abstract

In the 80's, important breakthroughs were made in the swimming sport. Since then, competitors don't rely solely on physical power, but stick to newer techniques, which emphasize efficient swimming. Among the most noticeable changes in modern swimming is the increased use of the body wave motion, called undulation. It has become indispensable for fast turning and originates from the butterfly stroke. Butterfly is often referred to as the hardest of all swim styles and avoided by competitors. In this study, the possibilities of a quicker learning by means of video camera use were examined. The goal of our research was to estimate the level which could be achieved by a recreational swimmer within a year of practice. The results show 8 out of 11 detected technique flaws successfully eliminated by our swimmer. The remaining flaws suggest a lack of flexibility and power. Although the swimmer has achieved proper form, masters level was not within reach. We deduce that long years in the swimming pool cannot be substituted by short-term methodical learning.

Keywords: swimming, butterfly stroke, video analysis, undulation

Uvod

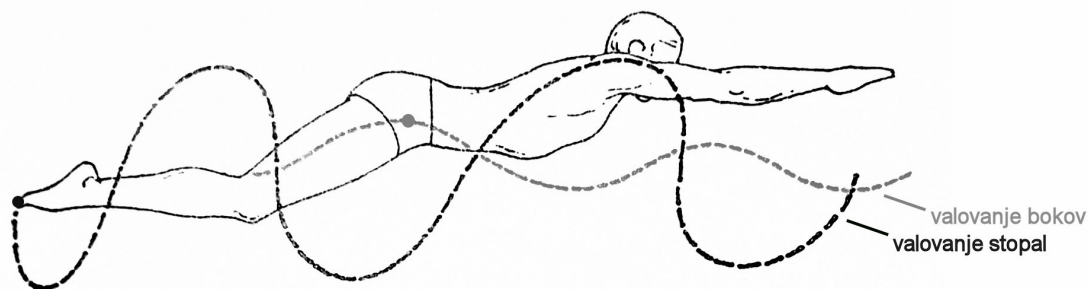
Motivacija

Plavalna tehnika delfin je opredeljena kot najtežja med vsemi plavalnimi tehnikami. Brez usvojene pravilne koordinacije gibov je vsak zamah izredno naporen, ne glede na posameznikovo fizično moč. Med rekreativnimi plavalci redko srečamo koga, ki bi obvladal valovito gibanje telesa in ga potem še uspel uskladiti z gibanjem rok. Plavalec za usvojitev pravilne koordinacije množice gibov potrebuje nazorno povratno informacijo. Pri tekmovalcih se v povratni zvezi nahaja trener, ki opozarja na napake, jih spremlja in predlaga ukrepe za izboljševanje plavalne tehnike. Rekreativni plavalec trenerja nima, vendar lahko v povratno zvezo umesti video kamero in računalnik. Obe napravi tvorita jedro tehnične podpore učenju plavalne tehnike delfin. Snemalec poskrbi za primerne posnetke gibanja, ki jih nato lahko poljubno obdelamo s pomočjo različnih orodij za video obdelavo. Pomoč za odpravljanje odkritih napak v plavalni tehniki, lahko poiščemo v ustrezni literaturi, ki ponuja navodila za posebej prilagojeno vadbo.

Predstavitev plavalne tehnike delfin

Delfin je najmlajša in najprivlačnejša plavalna tehnika. Po hitrosti plavanja je na drugem mestu, takoj za kravlom. Obstajata dve imeni za to tehniko; metulj in delfin. Ime metulj izvira iz načina zavesljaja, saj roke plavalca zakrožijo nad vodno gladino, kar spominja na let metulja. Ime delfin nas spominja na valovito gibanje plavalca, podobno tistemu pri delfinih. Čeprav se obe imeni pogosto uporabljata kot sopomenki, je takšna terminologija napačna. Pri metulju plavalci namreč plavajo zavesljaje delfin in nožne udarce prsno (kot udarjamo pri "žabici"), pri plavalni tehniki delfin pa so udarci z nogami del valovanja telesa. Tehniko delfin lahko razumemo tudi kot soročni kravl. Razlika med kravlom in delfinom je v tem, da plavalci pri kravlu izvajajo izmenične udarce in zavesljaje, medtem ko pri delfinu izvajajo sonožne udarce in soročne zavesljaje (Kapus, 2001). Prav tako pri kravlu celotno telo ne valovi.

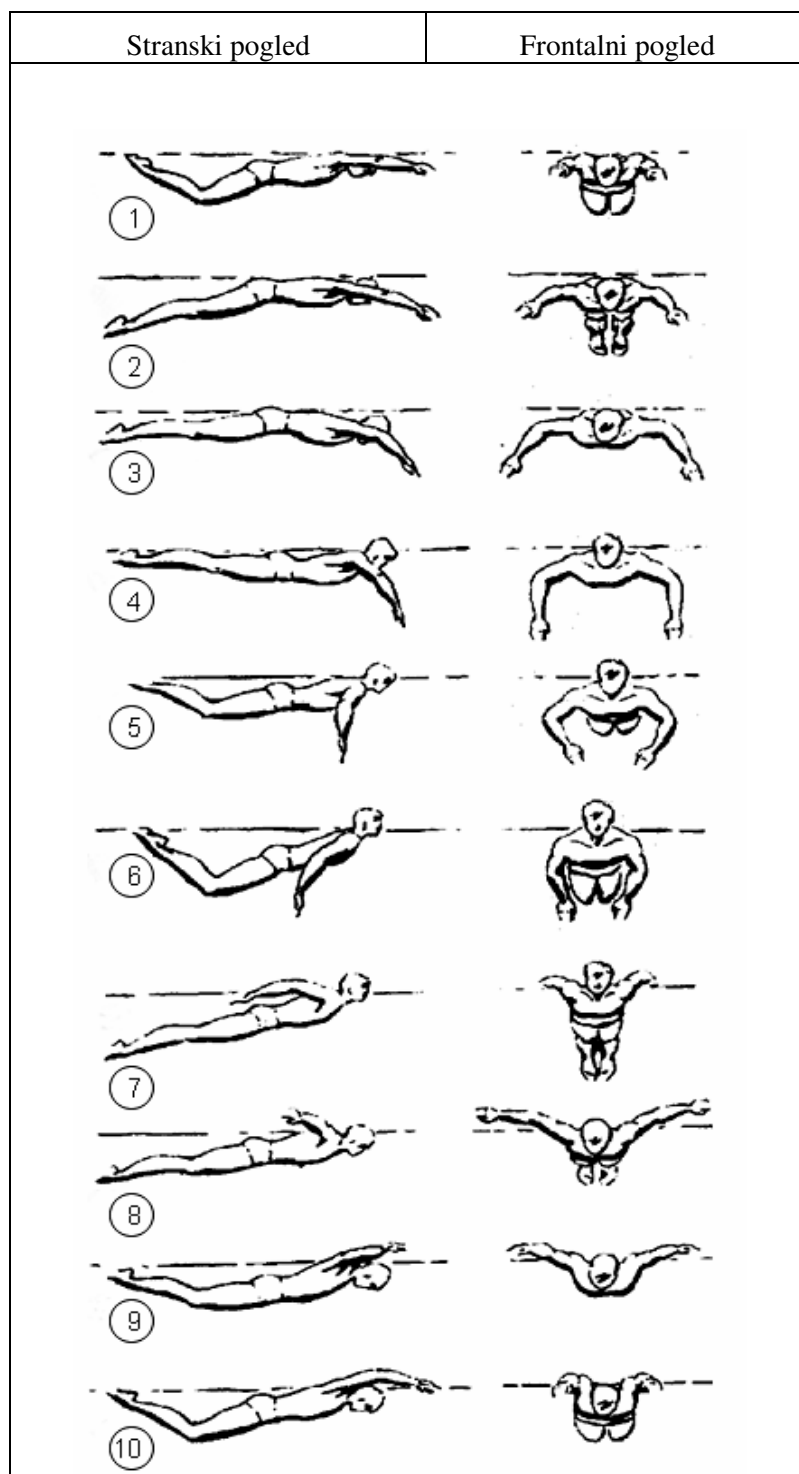
Pri plavalni tehniki delfin se valovanje začne z impulzom, ki ga ustvari pomik glave v vodo. Aktivno gibanje v obliki valovanja telesa se prenaša z glave na trup, naprej na boke, potem na stegenico, golenico in na koncu na stopala. Ob naslednjem ciklu glava prične novo valovanje. Ker se valovanje prenaša preko celotnega telesa od glave proti stopalom, spreten plavalec svoje telo uporabi kot dolgo plavut, kjer potujoče valovanje telesa izpodriva vodo od glave pa vse do stopal. Po zakonu akcije in reakcije (3. Newtonov zakon), voda na akcijsko silo plavalca reagira z nasprotno reakcijo. Rezultanta nastalega sistema sil, plavalca žene v nasprotni smeri od smeri tvorjenja valov. S takim načinom gibanja dobimo mehanizem propulzije, podobno, kot ga opazimo pri ribah. Amplituda gibanja telesnih segmentov raste od glave do prsnega koša, preko bokov vse do stopal. Pri tem glava niha z najmanjšo amplitudo, stopala pa z največjo (slika 1).



Slika 1: Amplitudi in obliki nihanja stopal in bokov. (vir: Prešern, 1973).

Boki, ki sodelujejo v gibanju dela nog, opisujejo krivuljo, ki je podobna sinusoidi. Analiza cikličnega gibanja je pokazala, da je biomehansko najbolj koristna takšna amplituda bokov, ki se giblje znotraj dimenzij telesa (Prešern, 1973). To pomeni, da vsako pretirano gibanje bokov, kjer bi boki prihajali izven profila trupa, povzroča negativne komponente, ki plavalca zaustavljajo. Podobno vidimo pri ribi. Kadar se riba pomika hitro je amplituda njenega valovanja manjša, vendar njeno telo valovi z večjo frekvenco.

Mnogi avtorji, ki se ukvarjajo s teorijo plavalne tehnike delfin, menijo, da sploh ni smiselno razpravljati o položaju telesa, kajti ta ni stalen, pač pa se ves čas gibanja menjava (Prešern, 1973). Ne glede na dejstvo, da telo sodeluje v posameznih fazah gibanja udov, moramo opredeliti vsaj nekaj glavnih faz položaja telesa (slika 2).



Slika 2: Zaporedne faze plavalne tehnike delfin.

Metode dela

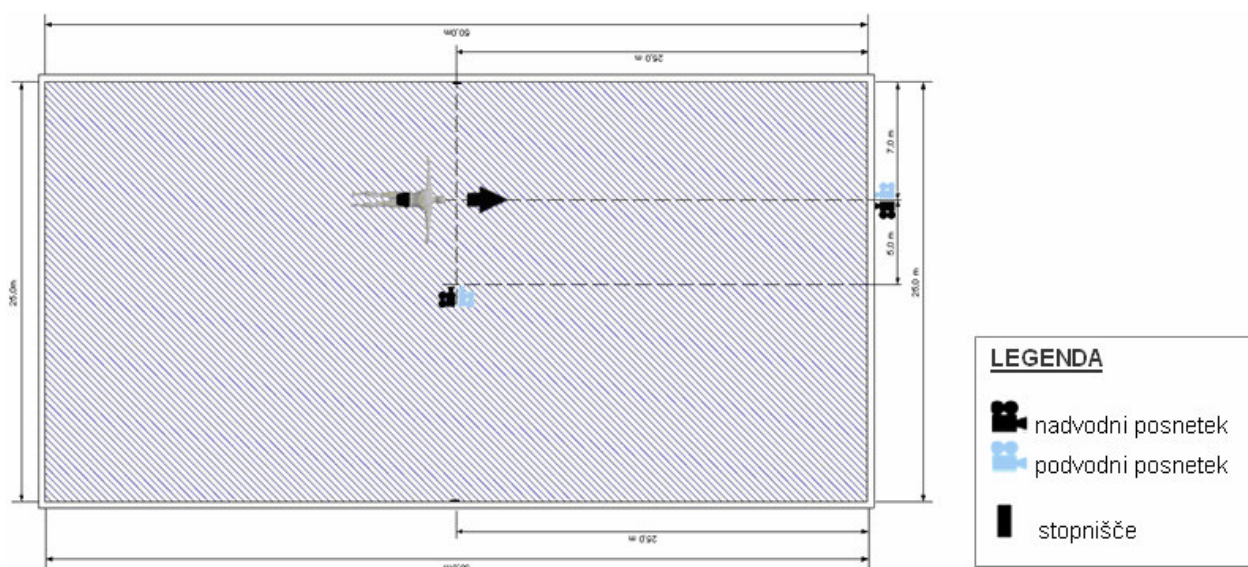
Postavitev kamer

Pri iskanju optimalnih gibov med plavanjem je potrebno natančno opazovanje, ki kasneje omogoča zanesljivo analizo. Funkcijo opazovalca opravi snemalec z video kamero. V našem primeru je bilo delo timsko v sestavi plavalec-snemalec. Ker pri plavanju del gibov poteka nad, del pa pod vodo, smo uporabili kamero, ki omogoča podvodno snemanje (slika 3).



Slika 3: Priprava snemalne tehnike (video kamera HD Sony).

Plavalec se je v bazenu orientiral s pomočjo črte na dnu bazena, snemalec pa je s pomočjo dihalne naprave na globini 0,5 m zagotavljal kontrolo podvodnega frontalnega snemanja.

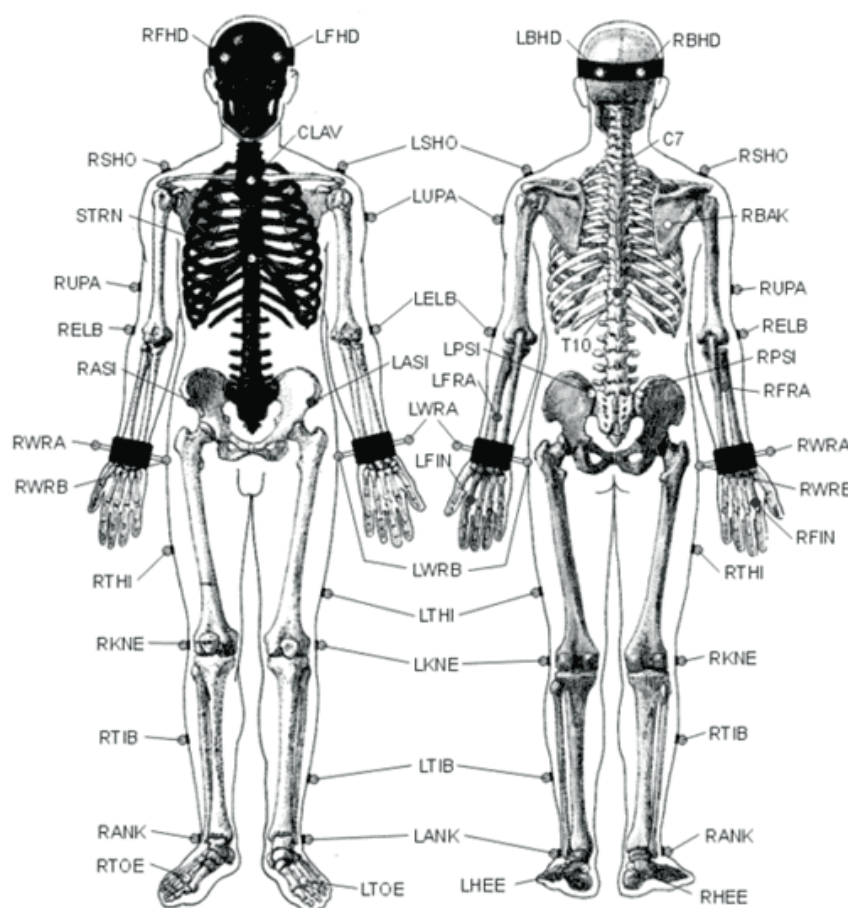


Slika 4: Postavitev video tehnike za ustrezni zajem posnetkov.

Nadvodni posnetek smo napravili z zajemom dinamične slike 0,5 m nad vodno gladino. Za stranski podvodni in nadvodni posnetek smo morali zagotoviti dinamični premik kamere, sinhroniziran s plavalčevo hitrostjo, kar smo storili z zunanjim vodenjem kamere z roba bazena (slika 4).

Konfiguracija markerjev

Optično zajemanje gibanja je nepogrešljivo v današnji računalniški grafiki in je zagotovilo za napredek na številnih področjih (navidezna resničnost v interakciji človek-stroj, animiranje likov v TV-produkciji, analiza gibov v biomehaniki, odkrivanje vzrokov poškodb,...). Markirni optični sistemi nam omogočajo, da telo opišemo z nizom specifičnih točk - markerjev, povezanih v skeletni model. Plavanje je dejavost, pri kateri je aktivno celotno telo. Pri izbiri mesta, velikosti in načina nanašanja markerjev smo zato morali izbrati konfiguracijo markerjev, s katero bi čim bolje popisali gibanje celotnega telesa plavalca. V vodi bi težko zagotovili stalnost pozicije refleksnih nalepk in odbojnih stekelc, zato smo se raje odločili za uporabo vodoodpornega pisala. Nedvoumni identifikaciji markerjev smo zadostili s črno barvo in premerom markerjev 1,5 cm. Odločili smo se za uveljavljeno metodo po Plug-in-Gait protokolu, ki definira 37 markerjev na vnaprej predpisanih mestih glave, trupa, rok, medenice, nog in stopal. Vsak izmed markerjev ima krajšo oznako, kot prikazuje slika 5.

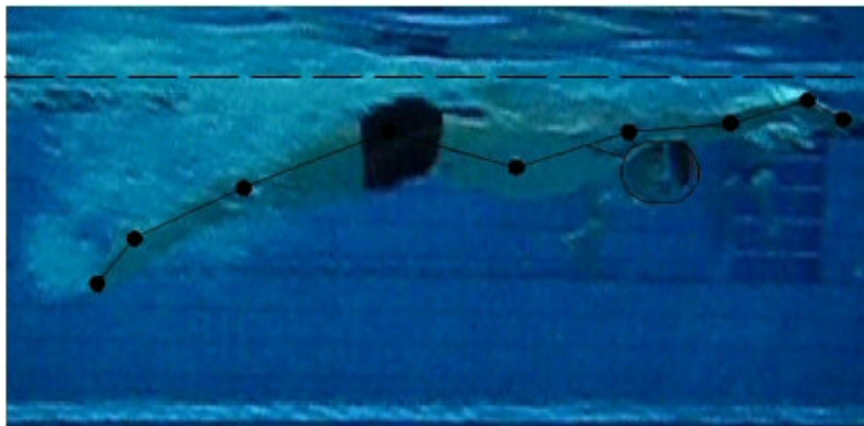


Slika 5: Razporeditev markerjev po Plug-in-Gait protokolu (vir: <http://www.lifemodeler.com>).

S pomočjo programa Apple Quicktime Pro smo analizirali gibanje plavalca na posnetku. Uporabili smo metodo "slika za sliko" (frame-by-frame).

Pri selekcioniranju slik smo izbrali trenutke, ki ustrezajo fazam s slike 2 in posnetek skrčili v zaporedje desetih posameznih slik. S povezavo markerjev na posameznih slikah smo dobili skeletni model plavalca za vsako izmed 10. faz. Povezave smo izvedli s programom Microsoft Visio, ki za

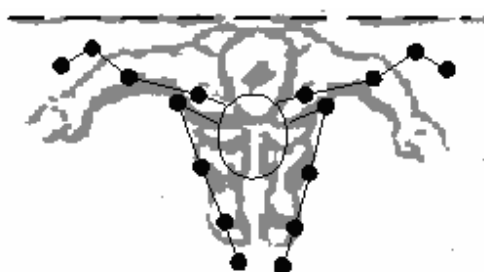
modeliranje ponuja ugodno vektorsko grafiko in uporabniku prijazen vmesnik s predlogami (slika 6). Modele smo kasneje lahko primerjali z referenčnimi prikazi s slike 2 (sliki 7 in 8) in poiskali medicinsko in propulzivno neugodne gibe v vsaki fazi. Ob odkritju napake je plavalec vsako od njih skušal odpraviti s posebej prilagojenimi vajami znotraj časovnega okvira, ki je za projekt znašal 1 leto. Optimirano plavanje smo ponovno ocenili z videoanalizo in ugotovili doseženo stopnjo optimizacije.



Slika 6: Povezava markerjev v model (posnetek s strani).



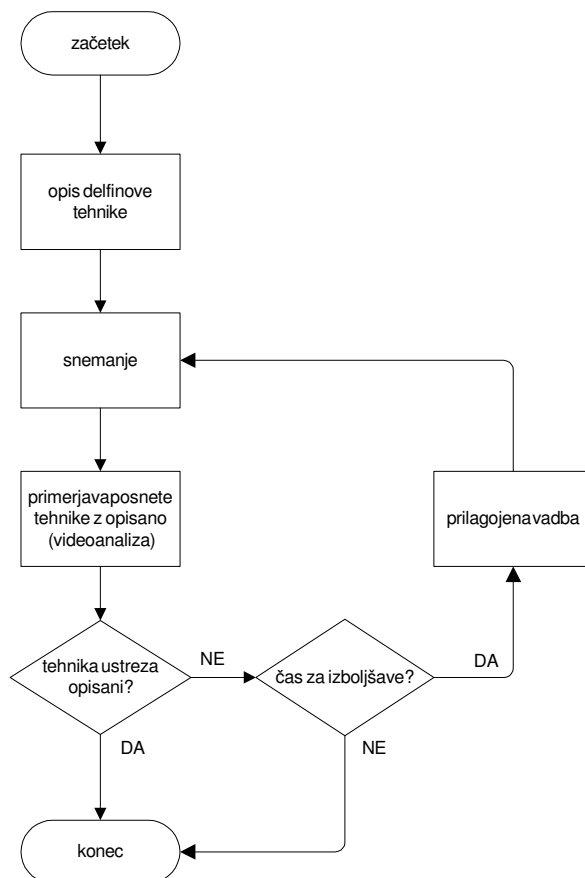
Slika 7: Primerjava povezanih markerjev z idealnim položajem (bočni pogled) – faza 2, slika 2.



Slika 8: Primerjava povezanih markerjev z idealnim položajem (frontalni pogled) – faza 2, slika 2.

Učenje in odpravljanje napak

Z videoanalizo smo odkrili 11 napak v začetni plavalčevi tehniki. Kapus (2001) priporoča plavalcem odpravljanje napak z izvajanjem posebej izbranih vaj, ki jih učijo novih, pravilnih gibov. V našem primeru je napredek pri vadbi spremljal opazovalec. Skupaj s plavalcem sta ocenila trenutno stanje in sprejemala odločitve o nadaljevanju obstoječih ali vnovični prilagoditvi vaj (slika 9)..



Slika 9: Potek učenja plavalne tehnike delfin.

Za preglednejšo sliko napak lahko prilagodimo tabelo po Kapusu (2001):

ODKRITA NAPAKA	VZROK	POSLEDICE	VAJE ZA POPRAVLJANJE NAPAK
Premajhna amplituda udarca nog	Nesproščeno gibanje nog	Manj učinkovit udarec; utrujenost	Udarci spremenljivega tempa in primerne amplitude; sproščeni udarci
Hitrost zavesljaja ni stopnjevana	Pomanjkanje moči mišic rok	Manj učinkovit zavesljaj	Treniranje moči mišic rok; zavesljaji s poudarjeno stopnjevanostjo
Zavesljaj pod vodo z iztegnjenimi rokami	Pravilno gibanje še ni usvojeno	Manj učinkovit zavesljaj; utrujenost	Sestavljeni zavesljaji pod vodo
Spuščanje zapestij	Vbod v vodo ni izveden z iztegnjeno roko; majhna moč mišic rok	Manj učinkovit zavesljaj	Povečanje moči mišic rok; zavesljaji s poudarkom na vbodu iztegnjene roke
Lomljenje v bokih	Prekinjeno valovito gibanje telesa	Neučinkovitost; plavanje na mestu	Učenje valovitega gibanja telesa
"Sekirasta stopala"	Majhna gibljivost gležnjev	Stopala zavirajo	Povečanje gibljivosti gležnjev; udarci s plavutkami; udarci z bičastim zaključkom
Neusklajenost rok in nog	Koordinacija gibov še ni osvojena	Neučinkovita propulzija	Udarci delfin in zavesljaji delfin z eno roko; dodajanje rok k gibanju nog in obratno
Vračanje rok in dlani previsoko nad gladino	Ni občutka o višini vodne gladine	Počasnost rok, uleknjenost telesa	Spuščanje višine rok do vodne gladine
Vlečenje nog za seboj	Koordinacija gibov še ni osvobodjena	Ni propulzije nog	Udarci delfin in zavesljaji delfin z eno roko; dodajanje rok k gibanju nog in obratno; udarci primerne amplitude
Roke niso iztegnjene v bočnih ravninah ramen	Majhna moč mišic rok	Spuščanje zapestij med zavesljajem pod vodo; povečan čelni upor	Zavesljaji s poudarkom na vbodu iztegnjene roke; povečanje moči mišic rok; zavesljaji s poudarjenim drsenjem
Amplituda valovanja glave ni minimalna	Težnja po izboljšanju telesnega položaja	Povečan čelni upor; potreba po velikem dvigu glave	Odprava ostalih napak; valovanje s poudarkom na sproščenosti

Tabela 1: Vaje za popraviljanje napak. (vir: Kapus, 2001)

Plavalec je vsako napako poskušal popraviti na podlagi ločene analize. Odprava posamične pomanjkljivosti je lahko vplivala na sistemsko spremembo kakovosti izvedbe plavalne tehnike. Po

uspešno korigirani napaki se je plavalec lotil odpravljanja naslednje pomanjkljivosti. Po priporočilu Laughlina (2006), se je plavalec v vodi gibal, dokler je lahko plaval in vadil sproščeno ter zato učinkovito in pravilno. Ob nastopu utrujenosti je plavalec urjenje prekinil, se spočil in počakal do naslednje vaje. Med čakanjem je plavalec mišice ohranjal prožne z razgibavanjem. Ocenili smo, da po eni uri vadbe sprotne regeneracija ni več mogoča, zato smo čas treningov omejili na eno uro, dvakrat tedensko. Po usvojitvi posamezne vaje je sledilo ponovno plavanje delfinove tehnike. Tako se je plavalec učil nove, popravljene, gibe vključiti v celotno zaporedje gibov delfinovega sloga. Pri tem je plavalec ohranjal občutek za koordinacijo že usvojenih gibov in treniral občutek za zajemanje vode. V letu dni smo imeli po 1 mesec časa za odpravo vsake izmed 11. napak, mesec dni pa za ponovno sistemsko korekcijo in ponovno korenito video analizo. Primerjali smo doseženo stanje z želenim in se odločili o nadaljnjem delu.

Rezultati

Video kamera se je izkazala kot koristno orodje za spremljanje plavalnih gibov. Na primeru smo pokazali, kako iz videoposnetka napraviti skeletni model plavalca za izbrano fazo plavanja. Z uporabo orodja Microsoft Visio 2000 v športnem modeliranju smo presegli njegov sloves kot orodje za modeliranje poslovnih procesov. Vektorska grafika, predpripravljeni gradniki in njihova povezljivost so potrdili svojo širšo uporabnost v modeliranju. V analizi posnetkov začetnega stanja nam je uspelo najti 11 napak. Plavalec sam le-teh ni uspel odkriti, v enem letu od uvedbe projekta video analize pa je že popravil 8 od 11 napak. Menimo, da ta uspeh ne izhaja samo iz ustrezno izbrane vadbe, ampak je obenem posledica objektivnosti kamere. Plavalec se o napakah pri plavanju prepriča na lastne oči in jim zaradi nedvoumnosti prikaza težko oporeka.

V tabeli 2 so dokumentirani časi za plavanje na razdalji 50 m delfin v dolгих bazenih. Začetno stanje predstavlja najboljši izmerjen rezultat plavalca za marec 2007. Optimirano stanje odraža najmanjši izmerjen čas leto kasneje, ob zaključku projekta optimizacije. Rezultati so posledica 7 merjenj, kjer je bilo vsakič opravljeno le eno merjenje za posamezni dan. Z več iteracijami smo želeli odpraviti individualne vplive posameznih štartnih skokov v vodo. Eno samo dnevno merjenje prispeva k zmanjšanju vpliva utrujenosti na rezultat. Čas veteranskega nivoja predstavlja kvalifikacijski čas, kot je bil zahtevan za udeležbo na evropskem veteranskem prvenstvu EMC 2007, znotraj kategorije, ki ji pripada naš plavalec (25 - 29 let).

ZAČETNO STANJE	45,50 s
OPTIMIRANO STANJE	40,00 s
VETERANSKI NIVO (EMC 2007)	32,50 s

Tabela 2: Časi pred optimizacijo in po njej.

Čas plavanja na 50 m smo uspeli izboljšati za več kot 5 sekund. Plavalec plava za skoraj 12% hitreje.

Razprava

Doseženi rezultat je posledica celovitega pristopa k video analizi in k zelo natančni fizikalni analizi hidrodinamičnih stanj telesa med plavanjem. Kljub enoletnim prizadevanjem za doseg maksimalnih učinkov, bi za udeležbo na veteranskem prvenstvu v letu 2007 moral naš plavalec biti hitrejši še za

dodatnih 19%. Tolikšne optimizacije v enem letu ni bilo mogoče doseči. Kot zanimivost omenimo, da navkljub krajšemu času plavalec poroča o manjšem naporu med plavanjem in s tem manjšem trošenju svoje moči. Plavalec v času raziskave ni izvajal posebnih specifičnih treningov moči, zato menimo, da je lažje plavanje posledica optimizacije tehnike in ne povečanja aplicirane moči. Dopusčamo možnost manjšega popravka udarca nog navzgor pri prehodu iz predzadnje v zadnjo fazo, kjer krčenje ni bilo maksimalno. Dve neodpravljeni napaki nakazujeta na pomanjkanje fizične moči (amplituda glave je prevelika za učinkovit sprint) in gibljivosti (prsni koš v celoti ne sledi amplitudi glave).

Ocenjujemo, da dolgih let treningov ni mogoče povsem nadomestiti z enoletnim intenzivnim učenjem, tudi s pomočjo video analize. To mnenje podpira tudi komentar plavalnega trenerja g. Ronija Pikca, da je "za usvojitev primerne mehkobe gibanja v delfinovem slogu potrebno okrog 7 let učenja".

Z video analizo nismo le optimirali delfinove plavalne tehnike, pač pa smo z njeno pomočjo ustvarili okolje za analizo turbulenc, ki so dodatni vzrok za trošenje moči. Nekaj izsledkov dosedanjih raziskav smo uspeli prikazati tudi z numerično CFD analizo v programu Realflow. Matematična obdelava pridobljenih rezultatov še dodatno opredeljuje poseg v izboljšanje plavalne tehnike delfin.

Literatura

Kapus, V. (2001) Plavanje, učenje in osnove biomehanike. Ljubljana: Tiskarna Ljubljana.

Laughlin, T. (2006) Extraordinary Swimming for Every Body – a Total Immersion instructional book. New York: Total Immersion Swimming.

Prešern, M. (1973) Plavanje. Ljubljana: Šolski center za telesno vzgojo.

Taiar, R. (1999) Hydrodynamics Optimization in Butterfly Swimming: position, drag coefficient and performance. Journal of Biomechanics, 32(8): 803-810.

Life modeler – protokoli namestitve markerjev, dosegljivo na: http://www.lifemodeler.com/LM_Manual/A_motion.htm (21.7.2008).

Marko Ropret je diplomant Fakultete za organizacijske vede Univerze v Mariboru iz smeri organizacije in managementa informacijskih sistemov. Med študijem je raziskoval mehanizme za šifriranje podatkov, možnosti za modeliranje velikih skladišč, v diplomskem delu pa izkušnje iz modeliranja razširil na področje analiz človekovega gibanja. S svojim delovanjem približuje informacijsko tehnologijo praktičnim izzivom sodobne družbe. V letu 2007 je predstavil izvirno rešitev – lastni šifrirni algoritem. Trenutno je v postopku izvolitve v naziv asistenta za področje Človeka v delovnem procesu..

Zvone Balantič je izredni profesor na Univerzi v Mariboru, Fakulteti za organizacijske vede in nosilec predmetov Ergonomija z varstvom pri delu, Človek v delovnem procesu, Človeški faktorji pri zagotavljanju kakovosti, Metode študija dela, Zaposlitvena rehabilitacija, Fiziologija dela, Oblikovanje delovnega prostora ter Hrup in vonj. Je predstojnik Katedre za poslovne in delovne sisteme in predstojnik Laboratorija za ergonomijo. Njegova raziskovalna pot izhaja iz energetskega področja, in proučevanja alternativnih virov energije. Izziv prenosa toplote in snovi ga je povezal z novim interdisciplinarnim raziskovalnim področjem strojništva ter medicine. Strokovno deluje na področju humanizacije dela in ergonomije. V zadnjem obdobju je njegovo znanstveno delo povezano z razvojem interaktivnih struktur, ki so namenjene pretoku informacij med zdravstvenim osebjem in pacienti na področju pulmologije in kardiologije.