

Informacione tehnologije u službi modelovanja trenažnog procesa

Information technologies in training process modelling

Jovan Plećaš, Fakultet za sport i turizam, Novi Sad

- SAŽETAK** Upotreba sve naprednijih informacionih tehnologija (IT) u sportu u poslednjih nekoliko decenija je dostigla visok nivo i omogućila da dobijeni podaci budu validniji, pouzdaniji i pravovremeni. Inercijalni senzori se koriste za prikupljanje informacija o kretanju sportista, brzini, ubrzanjima i pređenoj udaljenosti, a kamere koje koriste detekciju svetla za proračun 3D pozicije markera služe za snimanje i analizu pokreta i smatraju se „zlatnim standardom“ u ovoj oblasti. Nosivi uređaji detektuju i analiziraju podatke u odnosu na unutrašnje ili spoljašnje parametre koje prate, pa se tako fiziološki parametri, kao što su srčana frekvencija, nivo oksidacije mišića i temperatura tela, mogu pratiti u realnom vremenu, a sve uz pomoć pametnog sata ili telefona. Virtuelna realnost je tehnologija koja pronalazi primenu u trenažnom procesu sportista, najčešće u fazama psihološke i taktičke pripreme, kao i u učenju i u uvežbavanju pokreta. Tako treneri i sportisti izvan laboratorijskih uslova mogu da, u realnom vremenu, dobiju precizne podatke i u skladu sa njima bolje planiraju i prilagođavaju trenažni proces. Cilj ovog rada je da sačini pregled upotrebe najznačajnijih informacionih tehnologija koje se koriste u modelovanju trenažnih procesa.
- Ključne reči:** sportisti, trening, monitoring, IT
- ABSTRACT** The use of increasingly advancing information technologies (IT) in sports has reached a high level in the past few decades and has enabled obtaining data that are more valid, reliable and timely. Inertial sensors are used to gather information on athletes' movement, speed, acceleration and distance covered, and cameras that use light detection to calculate the 3D position of markers are used to capture and analyse movement and are considered a "gold standard" in this field. Wearable devices detect and analyse data against internal or external parameters they monitor, so physiological parameters such as heart rate, muscle oxidation level and body temperature can be monitored in real time, on a smartwatch or a phone. Virtual reality is used in training processes of athletes, most often during psychological and tactical preparations, as well as in learning and practicing of movements. Coaches and athletes are thus able to receive accurate data in real time outside the laboratory conditions and plan and adjust the training process accordingly. The goal of this paper is creating an overview of the most important information technologies used in modelling of training processes.
- Keywords:** Athletes, Training, Monitoring, ITs

Uvod

Informacione tehnologije (IT) kao sveprisutna pojava u svakodnevnom životu u poslednje dve decenije (Austins, 2018), zauzimaju veoma važno mesto i u sportu. Zastupljene u dijagnostici, praćenju fizičkih sposobnosti, oporavku, u samom trenaznom procesu, prezentovanju, odnosno praćenju sportskih događaja od strane gledalaca, ove tehnologije postale su neodvojivi deo sportskog sveta. Napredak i razvoj u ovoj oblasti omogućio je stvaranje inovativnih metoda koje trenerima i sportistima omogućavaju lakše praćenje i merenje fizičkih sposobnosti, opterećenja i drugih parametara bitnih za dostizanje željenih trenaznih ciljeva. Tehnološki uređaji kao što su *nosivi uređaji* i aplikacije su postali veoma popularni prethodnih godina (Thompson, 2017), a merenje i praćenje fizičkih sposobnosti i fizioloških promena tokom trenaznog procesa i takmičarskih nastupa daju podatke koji, adekvatno obrađeni, mogu biti značajni za unapređenje samog procesa, kao i krajnjih dostignuća. Novija istraživanja ističu korelaciju između testiranja fizičkih sposobnosti i takmičarskih nastupa (Buchheit, Mendez-Villanueva, Simpson, & Bourdon, 2010; Mooney, O'Brien, Cormack, Coutts, Young, & Berry, 2011). Na osnovu prethodno iznetog, informacione tehnologije, kao alat, odnosno sredstvo u radu, u značajnoj meri doprinose unapređenju kvaliteta tranažnog procesa. Cilj ovog rada je da načini pregled najznačajnijih tehnoloških uređaja koji se koriste u modelovanju trenaznih procesa.

Informacione tehnologije u sportu

Pojam *informacione tehnologije* (IT), prema Senu (2007), označava one alate i tehnike koje se koriste prilikom kreiranja, skladištenja i distribucije podataka i informacija, odnosno kreiranja znanja. Na sličan način ga definišu i drugi autori (Wiemeyer & Mueller, 2015), koji pod pojmom *informacione i komunikacione tehnologije* (IKT) podrazumevaju sve digitalne i elektronske predmete (uređaje) koji služe u svrhu prezentacije, razmene informacija, kao i same komunikacije. Tržište IT, kao jedno od najrazvijenih u svetu, sa konstantnim godišnjim rastom, i predviđenom potrošnjom od 5 triliona dolara u 2019. godini (CompTIA, 2019) sigurno predstavlja uticajan faktor u svim sferama društva. Inovacije u ovoj industriji podstiču i omogućavaju inovativne ideje i u oblastima kao što je sport. Oslanjanje trenera i sportista na tehnologiju može se povezati sa željom da se ostvari prednost u odnosu na konkurente, a sve u nameri da

se pomoću nje dođe do podataka koji bi mogli da budu značajni za poboljšanje trenaznog procesa. Napredak IT doveo je do toga da se dostignuća sportista prate u realnim, umesto u laboratorijskim uslovima. Ujedno, omogućavaju i dobijanje povratnih informacija o rezultatima, kao i o fizičkim sposobnostima i fiziološkim promenama, praktično, u realnom vremenu. Kako ističu sportski stručnjaci, povratna informacija smatra se jednom od najbitnijih komponenti motornog učenja, pored, naravno, samog treninga (Bilodeau, 1969). Ovo ističemo jer je od izuzetne važnosti da povratna informacija, koju nam IT korišćena u sportu pruža, bude validna, jer nije svaka nova, odnosno moderna tehnologija, ujedno i bolja od prethodnih. Iz tog razloga treba biti obazriv i kritičan prema novinama koje se svakodnevno nude. Kako Giblin, Tor i Parington (2016) ističu, tri faktora mogu uticati na efikasnost novih tehnologija: a) validnost i pouzdanost podataka, b) smislenost podataka, c) brzina obrade.

Podaci, informacije i njihovo prikupljanje

U IT, osnovni resurs koji se koristi jeste sama informacija, koja predstavlja najvredniju monetu informatičkog doba. Da bi se definisao sam pojam, mora se prvo razumeti pojam *podatak*, pod kojim se podrazumevaju sirove činjenice, brojke i detalji, dok *informacije* predstavljaju organizovanu, smislenu i upotrebljivu interpretaciju tih podataka (Sen, 2007). Važnost validnih, tačnih i pravovremenih podataka u sportu je nesporna. I sportisti i treneri, u želji za uspehom, teže da u svakom trenutku imaju što kvalitetnije povratne informacije o svom trenaznom procesu. Prikupljanje podataka se ovde postavlja kao bitan faktor. Na koje načine će trener/sportista upotrebljavati podatke zavisi od više činilaca. U zavisnosti od vrste sporta, načina treniranja, perioda u trenaznom procesu, tehničkih i finasijskih resursa, moguće je izabrati način na koji će podaci biti prikupljeni. U današnje vreme postoji široka lepeza dostupnih alata. Kako Hopkins (1991) navodi, postoje tri vrste metoda za kvantifikaciju sposobnosti sportiste, a to su: metoda posmatranjem (u realnom vremenu i na osnovu video snimka, i dr.), fiziološke metode (praćenje srčane frekvence, koncentracije laktata u krvi, potrošnje kiseonika, i dr.) i subjektivne metode (upitnici i dnevnici treninga). U zavisnosti od odabrane metode moguće je izabrati i alat (štoperica, senzori pokreta, ploče za merenje sile, ergospirometar, upitnik, itd.). Nakon prikupljanja, većina modernih alata daje trenerima/sportistima prilagođene i razumljive podatke, dok kod drugih, potrebno je uraditi

obradu istih. Kao što je navedeno ranije, tumačenjem sirovih podataka dobijaju se informacije neophodne za upravljanje trenaznim procesom. U nastavku rada biće opisane neke od trenutno aktuelnih tehnologija, odnosno alata kojima je moguće doći do željenih podataka važnih u trenaznom procesu.

Inercijalni senzori

U želji da se kvantifikuju opterećenja i pokreti u realnim (takmičarskim i trenaznim) uslovima, vremenom su razvijene tehnologije i uređaji koji omogućavaju da se mere kinematički i dinamički parametri van laboratorijskih uslova. Nova generacija uređaja koji funkcionišu na principu inercije, odnosno merenju ugaonih brzina i ubrzanja (Comomilla, Bergamini, Fantozzi, & Vannozzi, 2018) nazivaju se inercijalni senzori (*Inertial Measurement Units – IMUs*). Sastoje se iz akcelerometra i žiroskopa, a dodavanjem magnetometra, odnosno magnetnog senzora, dobija se uređaj koji omogućava praćenje kretanja u tri dimenzije, a celokupan sistem se naziva Inerciono-magnetna merna jedinica (*Inertial-Magnetic Measurement Unit – IMMU*). Oni su prenosivi, laki za upotrebu, pristupačni i omogućavaju dobijanje informacija u realnom vremenu, a nabrojano svakako predstavlja njihove pozitivne karakteristike.

Inercijalni senzori postoje kao pojedinačni uređaji ili kao sistem više uređaja koji funkcionišu kao celina. Kao pojedinačni, ovi uređaji se najčešće koriste za merenje biomehaničkih opterećenja sportista u trenaznim i u takmičarskim uslovima. Najčešće se koriste u kolektivnim sportovima gde postoji potreba za praćenjem više učesnika. Pomoću njih mogu se dobiti podaci o kretanju sportista, brzini, ubrzanjima, pređenoj udaljenosti, kao i o vremenu provedenom u određenom načinu kretanja (sprintu, džogiranju, itd.). Ovi podaci bitni su za trenere kako bi prepoznali fiziološke zahteve samog sporta, imali uvid u opterećenje pod kojim su sportisti i na osnovu njih proveravali i prilagođavali trenazni proces.

Uređaj iz ove grupe, koji može biti dat kao primer, a izdvaja se po pouzdanosti i zastupljenosti u elitnim sportskim krugovima jeste *OptimEye S5* australijske kompanije *Catapult Sports*. Ovaj uređaj kombinuje poziciono praćenje uz pomoć GPS tehnologije i inercijalne senzore kako bi kvantifikovao performanse tokom treninga i utakmica (CatapultSports, 2018).

Kao predstavnik druge grupe, odnosno sistema više uređaja, ističe se *Xsens MTw Awinda* sistem za praćenje pokreta. Ovaj sistem se sastoji iz većeg broja (najviše 17 po korisniku) *IMMU* uređaja koji pomoću zajedničkog prijemnika signala (*Awinda Master*) prosleđuju signale ka računaru (Paulich, Schepers, Rudigkeit, & Bellusci, 2018). Opseg primene je širok: od istraživanja u rehabilitaciji, biomehanici, praćenja pokreta i fizičkih opterećenja u sportu, pa sve do upotrebe uporedo sa uređajima za virtuelnu realnost (Xsense, 2018). Odlikuje ga visoka pouzdanost, brzina uzorkovanja (1000Hz), nisko kašnjenje signala i pre svega visoka otpornost na eksterna magnetna zračenja (Paulich et al., 2018).



Slika 1. Bežično praćenje kretanja trkača u prirodi, odnosno, spoljašnjem okruženju (Izvor: Paulich et al., 2018:8)

Kamere

Klasične video kamere koje se koriste za snimanje video materijala, predstavljaju veoma zastupljen alat za analizu sportskih dostignuća. Ovo se odnosi na analizu video snimaka koji nastaju za vreme takmičenja ili tokom treninga. Pregledanjem snimljenog materijala i uz korišćenje adekvatnih softverskih programa, moguće je dobiti podatke o ostvarenim kinematičkim i dinamičkim parametrima (brzini, ubrzanju, tehnici izvođenja pokreta i dr.). Ovo je jedna od mogućih namena korišćenja kamera u sportu, a u nastavku biće predstavljen i objašnjen i drugi, u kome se kamera koristi kao uređaj za digitalizaciju ljudskog pokreta.

Ove kamere se već dugo smatraju „zlatnim standardom“ kada je u pitanju snimanje i analiza pokreta (Corazza, Mündermann, Gambaretto, Ferrigno, & Andriacchi, 2010). One predstavljaju optoelektronske uređaje koji koriste detekciju svetla kako bi proračunali 3D poziciju markera koji se nalazi na ispitaniku (objektu). Preciznost ovakvih

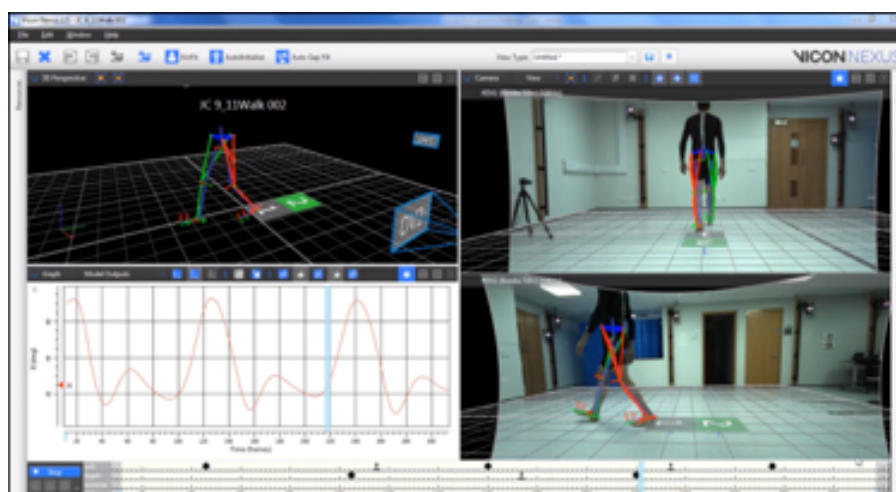
sistema zavisi od sledećih karakteristika postavke: pozicije kamera u odnosu jedne na drugu; rastojanja između kamera i markera; pozicije, broja i tipa markera u posmatranom polju i kretanja markera u odnosu na posmatrano polje. Sistem optoelektronskih kamera (*Optoelectronic Measurement System – OMS*) se zasniva na fiksno postavljenim uređajima koji snimaju, odnosno prikupljaju podatke iz, vidokrugom kamera, ograničene oblasti. Navedeno, ujedno, predstavlja i manu ovog sistema (Begon, Colloud, Fohanno, Bahuaud, & Monnet, 2009). Oblast koja može da se pokrije direktno zavisi od njihovog broja i vidnog polja kamera. Najveća površina na kojoj je vršeno neko merenje (snimanje) je 824m² i korišćene su 24 kamere (Spörri, Schiefermüller, & Mülle, 2016; Van der Kruk & Reijne, 2018). Da bi ovaj sistem dao pouzdane podatke neophodno je obezbediti vizuelni

kontakt između kamere i markera, pored spomenutog, ovi sistemi bolje funkcionišu u zatvorenom prostoru i sa smanjenim osvetljenjem (Spörri et al., 2016).

Postoje dve kategorije *OMS*-a: sa aktivnim ili sa pasivnim sistemom markera. Razlika je u tome što markeri aktivnog sistema poseduju izvor svetla, što ih čini vidljivijim, ali s druge strane robusnijim, zato što zahtevaju dodatne kablove i baterije (Panjkota, Stancić, & Šupuk, 2009).

Kompanija *Vicon*, jedan od lidera u razvoju ovakvih uređaja, nudi niz sistema koji se mogu primeniti u oblastima kao što su: istraživanja u sportu i biomehanici, u kliničkoj nauci, praćenju objekata, virtualnoj realnosti i dr.

Kako u *Viconu* (2019b) navode, analiza pokreta, zarad poboljšanja sportskih dostignuća, prevencije povreda,



Slika 2. Prikaz analize pokreta pomoću sistema kamera
(Izvor: Vicon, 2019a)

kao i za klinička, naučna i edukativna istraživanja, zahteva fleksibilne sisteme za merenje pokreta koji pružaju mogućnost snimanja pokreta u svim okruženjima, uz minimalne zahteve za pripremu. Osim već navedenog (fleksibilnost i jednostavnost korišćenja, rad u različitim okruženjima), kao bitne karakteristike ovih sistema navedene su: dobijanje povratne informacije u realnom vremenu, automatsko precesuiranje podataka, prilagođavanje zahtevima sporta, validnost, visoka tačnost i pouzdanost (Vicon, 2019b).

Nosivi (integrisani) uređaji (*Wearable devices*)

Pod pojmom *nosivi uređaji* podrazumevaju se laki uređaji sa ugrađenim senzorima, koji se nose blizu ili na samoj

površini kože, gde detektuju, analiziraju informacije, u odnosu na unutrašnje i/ili spoljašnje parametre i prenose ih ka drugim uređajima ili, u nekim slučajevima, daju povratne informacije u realnom vremenu (Düking, Hotho, Holmberg, Fuss, & Sperlich, 2016). U odnosu na oblast primene, ovi uređaji se mogu podeliti u dve grupe: uređaji za praćenje zdravstvenog stanja i uređaji za praćenje fizičkih aktivnosti (sport, rekreacija i dr.). Razvoj ovih tehnologija u sportu, puno duguje napretku i usavršavanju uređaja u oblasti medicine, gde su prevashodno i upotrebljavani. Ono što je sportistima i trenerima važno, jeste dobijanje informacija o opterećenju koje prouzrokuje trenažni proces ili samo takmičenje. Impeliceri, Rampinini i Markora (2005) ističu postojanje razlike između spoljašnjih i unutrašnjih vidova trenažnog opterećenja. Dalje, autori definišu unutrašnje

opterećenje kao fiziološke aspekte, dok spoljašnje aspekte predstavlja aktivnost, odnosno rad ostvaren od strane sportiste, a adaptacija se javlja kao posledica unutrašnjeg opterećenja koje je primarno određeno spoljašnjim opterećenjem kojem je izložen sportista.

Prema navedenom, moguće je napraviti podelu nosivih uređaja prema vrsti opterećenja koju prate/detektuju kao što je prikazano u Tabeli 1.

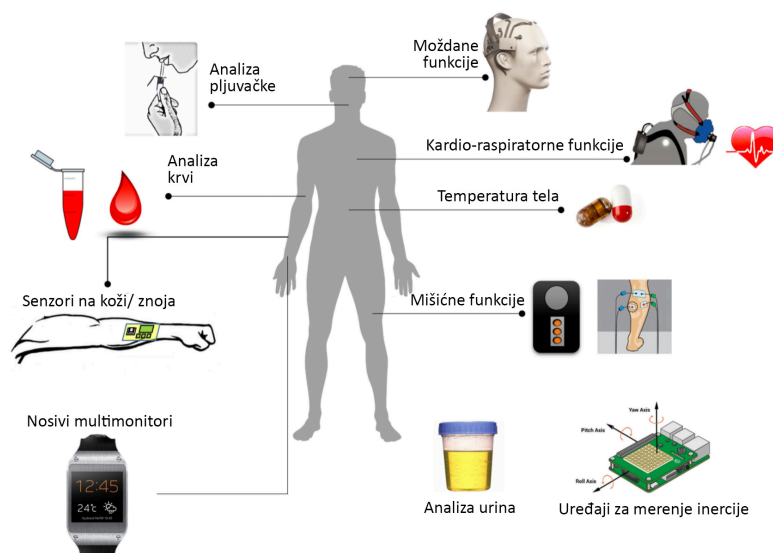
Tabela 1. Prikaz vrsta opterećenja i parametara koje uređaji prate

Opterećenje	Spoljašnje	Unutrašnje
Parametri	pozicija, pređeni put, brzina, ubrzanje	kardiovaskularni, raspiratorni, humoralni, neuromišićni

(Izvor: Cardinale & Varley, 2017; prilagodio Autor)

U prvu grupu spadaju uređaji kao što su monitori srčane frekvence (SF), koji sada pružaju podatke sa visokom pouzdanošću, pre svega u stanju mirovanja, sa nešto manjom pouzdanošću pri povećanoj fizičkoj aktivnosti, ali svakako, ovi uređaji postali su standard za praćenje ove funkcije. Sama pouzdanost zavisi i od mesta postavljanja, odnosno očitavanja SF, pa tako imamo uređaje koji se nose ispod grudnog koša, na ručnom zglobu ili uhu, a prvi navedeni imaju najvišu pozdanost. Ukoliko nisu integrisani u sam nosivi uređaju, najčešće se ovi senzori bežično povezuju sa sportskim satom,

telefonom ili nekim drugim uređajem na kojem se mogu pratiti podaci. Ovde je moguće navesti nekoliko uređaja koji se izdvajaju svojom pouzdanošću i validnošću. Kompanija *Polar* i njeni proizvodi nalaze se u vrhu po primeni kod sportista. Njihovi satovi, kao i pojedinačni uređaji za praćenje SF (npr. Polar RS800, OH1 i dr.), namenjeni uglavnom trkačima, pokazali su visoku validnost kada je u pitanju praćenje varijabilnosti srčane frekvence, posebno pri aktivnosti niskog i srednjeg intenziteta (Hernando, Garatachea, Almeida, Casajus, & Bailón, 2016; Kyriakos & Yiannis, 2018).



Slika 3. Šematski prikaz tehnologija za praćenje unutrašnjih trenaznih opterećenja
(Izvor: Cardinale & Varley, 2017:56; prilagodio Autor)

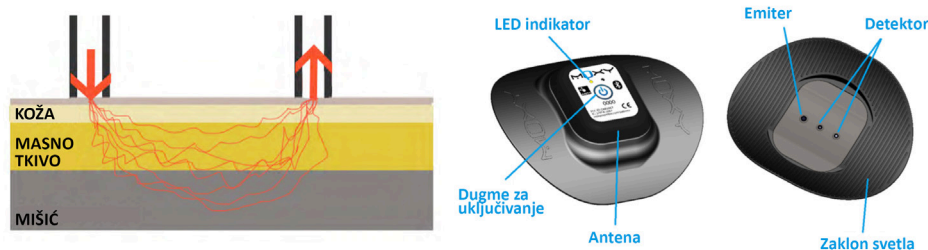
Još jedna vrsta nosivih uređaja, koji se koriste za dobijanje informacija o određenoj fiziološkoj karakteristici, jesu uređaji za predviđanje laktatnog praga (*Wearable lactate threshold predicting devices*). Decenijama se laktatni prag (LP) koristi kao ključni prediktor fizičke sposobnosti sportista i na osnovu koga se modeluje trenazni proces (Borges & Driller, 2016). Kako Džojner i Kojl (2007)

navode, pored visokog nivoa VO_{2max} i efikasnosti korišćenja kiseonika pri određenoj brzini kretanja, visok laktatni prag je osnova za sposobnosti izdržljivosti, jer omogućava sportistima da duže nastupaju pod visokim opterećenjem, što je posebno važno u sportovima izdržljivosti.

Dokoro, određivanje laktatnog praga zahtevalo je skupu laboratorijsku opremu ili neku od invazivnih metoda, koje su, vremenom postajale pristupačnije i zahtevale manje količine krvi za analizu (Borges & Driller, 2016), ali napredak tehnologije omogućio je stvaranje neinvazivnih alternativa i finansijski pristupačnijih uređaja, koji funkcionišu na principu bliske infracrvene spektroskopije (*Near infrared spectroscopy – NIRS*). Ova tehnologija se koristi za praćenje nivoa oksidacije mišića, tako što se meri količina odbijene blisko-infracrvene svetlosti koja prolazi kroz mišićno tkivo, a biva delimično apsorbovana od strane hemoglobina i mioglobina u krvnim sudovima (Farzam, Starkweather, & Franceschini, 2018). Nedavna istraživanja testirala su primenu vrednosti nivoa oksidacije mišića dobijenih *NIRS*-om za izračunavanje bitnih fizioloških tačaka (pragova) tokom fizičkog

vežbanja (Wang et al., 2012; Bellotti, Calabria, Capelli, & Pogliaghi, 2013; Borges & Driller, 2016). Iako je u pitanju nova tehnologija, istaživanja koja su se bavila validacijom uređaja za predviđanje laktatnog praga pokazala su da ovi uređaji mogu biti pouzdan alat za predviđanje vrednosti laktatnog praga kod sportista i na osnovu toga moguće je planirati trenazna opterećenja (Perrey & Ferrari, 2011; Borges & Driller, 2016; Farzam, Starkweather, & Franceschini, 2018;).

Jedan od nosivih uređaja za predviđanje LP koji funkcioniše na već spomenutom principu je *Moxy monitor*. Ovaj uređaj, kako navodi proizvođač (Moxy Monitor, 2014) koristi kompleksan algoritam za proračunavanje nivoa oksidacije mišićnog tkiva u toku vežbanja, to čini neinvazivnom metodom i u realnom vremenu.



Slika 4. Prikaz uređaja i načina funkcionisanja *NIRS*-a
(Izvor: Moxy Monitor, 2014; prilagodio Autor)

Prema navedenoj podeli u Tabeli 1, u drugu grupu spadaju uređaji kao što su sistemi za praćenje pozicije korišćenjem GPS-a (*Global Positioning Systems*). Ova tehnologija, u početku razvijana za vojne potrebe (NASA, 2012) postala je komercijalno dostupna u ranim osamdesetim (McDuffie, 2017). Tek od 2000. godine preciznost kod komercijalnog je postala jednaka onoj kod vojnog sistema, pa je time i omogućen razvoj uređaja koji bi mogli da se koriste za preciznije praćenje kretanja na zemlji. Korišćenje GPS-a omogućava merenje, odnosno, određivanje pozicije, brzine i šablona kretanja sportista (Cummins, Orr, O'Connor, & West, 2013). Brojne studije potvrđuju validnost i pouzdanost GPS tehnologije, pri korišćenju u praćenju kretanja u sportu (Barr, Beaver, Turczyn, & Cornish, 2019; Johnston, Watsford, Kelly, Pine, & Spurrs, 2014.). Praćenjem i merenjem kretanja, uz pomoć GPS tehnologije, moguće je objektivno kvantifikovati napor i fizički stres koji sportisti doživljavaju, ispitati pripremljenost, proceniti različite načine i intenzitete treninga, kao i pratiti promene u fiziološkim zahtevima kod sportista (McLellan, Lovell, & Gass, 2011). Kao što je i ranije spomenuto, spajanjem GPS tehnologije i troosnih akcelerometara dobija se sistem koji omogućava

dobijanje podataka o šablonima kretanja i fizičkim opterećenjima, a sve izraženo kroz veličine ubrzanja, koje deluju na sportistu. Na ovaj način mogu se pratiti i količina fizičkog kontakta i broj duela u kojima se nađe sportista tokom takmičenja ili treninga. Kako određena istraživanja navode, ovo može biti korisno u sportovima kao što su fudbal, ragbi, američki ili australijski fudbal (Bayliff, Jacobson, Moghaddam, & Estrada, 2019; da Silva et al., 2018; Waldron, Twist, Highton, Worsfold, & Daniels, 2011). Kao predstavnik ove grupe uređaja mogao bi se istaći, već spomenuti *OptimEye S5*, kompanije *Catapult Sports*.

Virtuelna i umetnuta realnost u sportu

Virtuelna (VR) i umetnuta realnost (AR – *Augmented Reality*), kao njena podvrsta (Azuma, 1997), su tehnologije koje su prisutne već nekoliko decenija. VR predstavlja računarsku simulaciju stvarne ili zamišljene realnosti (Craig, 2013), dok je AR spoj realnog sveta i virtuelne realnosti, gde se putem određenih medijuma (kamera, naočara, displeja i dr.) slici realnosti dodaje

digitalni sadržaj (Gradl, Eskofier, Eskofier, Mutschler, & Otto, 2016). Počeci razvoja i prva istraživanja vezana za ovu tehnologiju se javljaju 60-ih godina prošlog veka (Sutherland, 1965; 1968), ali pravi napredak i dostizanje oblika koji su primenljivi u sportu i u nauci vezanoj za sport, događa se tek krajem 80-ih i početkom 90-ih godina, kada su nastali prvi komercijalni uređaji

(Cipresso, Chicchi Giglioli, Raya Mariano, & Giuseppe, 2018). Poslednjih nekoliko godina uređaji postaju moćniji, manji, a grafičke performanse, koje pružaju, postaju sve bolje. Interesovanje velikih tehnoloških kompanija za ovu tehnologiju pokazuje da era VR tek dolazi (Cipresso et al., 2018; Luckerson, 2014).



Slika 5. Prikaz virtuelnog okruženja i postavke opreme za trening rukometnog golmana korišćenjem VR tehnologije (Izvor: Bideau, Kulpa, Vignais, Brault, Multon, & Craig, 2010:69. Prilagodio Autor)

Uređaji za VR pronašli su svoju primenu i u sportu. Kako istraživanja navode, ovi uređaji mogu da omoguće trening sa virtuelnim protivnikom (Zhang et al., 2018), da se koriste za analizu pokreta i performansi (Bideau, et al., 2010), za učenje veštine u sportu (Tirp, Steingröver, Wattie, Baker, & Schorer, 2015), kao i za samu pripremu pred takmičenja (Morey Sorrentino, Levy, Katz, & Peng, 2005; Mikami, Takahashi, Saijo, Isogawa, Kimura, & Kimata, 2018; Petri, Danneberg, Dieter Ohl, Emmermacher, Masik, & Witte, 2018; Hoffmann, Filippeschi, Ruffaldi, & Bardy, 2013). Imajući u vidu sve ovo, jasno je da VR tehnologija ima potencijal da postane koristan alat u trenažnom procesu sportista. Ono što se navodi kao prednost u odnosu na video tehnologiju jeste da u VR sportista ima mogućnost interakcije sa protivnikom, zatim da je moguće menjati okruženje i uslove treninga i kao i ugao posmatranja, šta sa video snimkom nije slučaj (Bideau et al., 2010). Drugi autori navode da je moguće individualizovati trening i primenjivati ga svakodnevno, bez obzira na lokaciju (tokom putovanja, u ležećem položaju, na radnom mestu i dr.), kao i da je manipulacijom vizuelnog okruženja (magla, kiša, svetlost reflektora i dr.) moguće da sportista doživi različite uslove (Düking, Holmberg, & Sperlich, 2018). Vignjas i saradnici (2015) navode da je virtuelno okruženje blisko realnom, koje će povećati osećaj realističnosti, ključno za dobijanje optimalnih uslova za trening, što je trenutno i jedan od nedostataka ove tehnologije. Zato se preporučuje da VR tehnologija mora biti takva, da ne ometa, bude što lakša i da omogućava sportistima da izvršavaju pokrete bez ometanja ili mogućnosti samopovređivanja,

što nije uvek moguće (Düking et al., 2016; Katz, Parker, Tyreman, Kopp, Levy, & Chang, 2006). Uređaji kao što su naočare za VR, odnosno displeji koji se nose na glavi (Head-Mounted Displays) već su u upotrebi u radu mnogih sportskih organizacija, čak i na profesionalnon nivou (StriVR, 2018). Neka novija istraživanja navode da je upotrebom VR sistema, za taktičku pripremu sportista u američkom fudbalu, u proseku za 30% povećana uspešnost u postizanju poena (Huang, Churches, & Reilly, 2015). Korisnost ove tehnologije u trenažnom procesu još treba da bude evaluirana na pravi način, ali kao tehnologija koja je u povoju (pre svega naočare za VR) pokazuje da će sigurno biti deo budućnosti sporta.

Zaključak

Informacione tehnologije su već zauzelo važno mesto kao alat u modelovanju trenažnog procesa, kao i u sportu u celosti. Brzina dobijanja validnih i upotrebljivih informacija može doneti poboljšanje trenažnog procesa, poboljšati finalni rezultat i doneti prevagu u odnosu na konkurente. Napredak i usavršavanje tehnologije, dovelo je do toga da uređaji budu manji, precizniji i lakši za korišćenje. Sve to omogućava da budu dostupni većem broju korisnika. Jedan od ciljeva korišćenja IT u trenažnom procesu, jeste da se prikupljaju podaci i izvan laboratorijskih uslova i dobiju realniji podaci o unutrašnjim i o spoljašnjim opterećenjima.

Naravno, kao sve velike poslovne industrije, i sport i informacione tehnologije, teže ka tome da proizvod bude prodat i imajući to na umu, potrebna je određena doza kritičnosti prema novim, neproverenim tehnologijama. Većina dosadašnjih istraživanja govori da je validnost podataka koje dobijamo od uređaja koji se upotrebljavaju kao alat tokom treznog procesa, na visokom nivou, kao i da prostora za dodatna istraživanja i unapređenja svakako ima, ujedno, navode i da postoje određena fizičko-aplikativna ograničenja, koja će, kako se veruje, biti prevaziđena u budućnosti.

IZJAVA

Autor je svojom izjavom potvrdio nepostojanje bilo kakvog sukoba interesa.

LITERATURA

- Austins, C. (2018, February 13). *How Has Technology Changed the World in Last Two Decades*. Retrieved September 17, 2018, from LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/how-has-technology-changed-world-last-two-decades-calvin-austins/>
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Barr, M., Beaver, T., Turczyn, D., & Cornish, S. (2019). Validity and Reliability of 15 Hz Global Positioning System Units for Assessing the Activity Profiles of University Football Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(5), 1371–1379.
- Bayliff, G., Jacobson, B., Moghaddam, M., & Estrada, C. (2019). Global Positioning System Monitoring of Selected Physical Demands of NCAA Division I Football Players During Games. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(5), 1185–1191.
- Begon, M., Colloud, F., Fohanno, V., Bahuaud, P., & Monnet, T. (2009). Computation of the 3D kinematics in a global frame over a 40 m-long pathway using a rolling motion analysis system. *Journal of Biomechanics*, 42(16), 2649-2653.
- Bellotti, C., Calabria, E., Capelli, C., & Pogliaghi, S. (2013). Determination of Maximal Lactate Steady State in Healthy Adults: Can NIRS Help? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(6), 1208–1216.
- Bideau, B., Kulpa, R., Vignais, N., Brault, S., Multon, F., & Craig, C. (2010). Using Virtual Reality to Analyze Sports Performance. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 30(2), 14-21.
- Bilodeau, E. A. (1969). *Principles of skill acquisition*. (E. A. Bilodeau, Ed.) New York: Academic Press.
- Borges, N., & Driller, M. (2016). Wearable Lactate Threshold Predicting Device is Valid and Reliable in Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(8), 2212–2218.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B., & Bourdon, P. (2010). Match Running Performance and Fitness in Youth Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 31(11), 818-825.
- Cardinale, M., & Varley, M. C. (2017). Wearable Training-Monitoring Technology: Applications, Challenges, and Opportunities. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 55-62.
- CatapultSports. (2018, November 29). *OptimEye S5*. Retrieved November 29, 2018, from [catapultsports.com](https://www.catapultsports.com/products/optimeye-s5): <https://www.catapultsports.com/products/optimeye-s5>
- Cipresso, P., Chicchi Giglioli, I. A., Raya Mariano, A., & Giuseppe, R. (2018). The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. *Frontiers in Psychology*, 9, 2086.
- Comomilla, V., Bergamini, E., Fantozzi, S., & Vannozzi, G. (2018). Trends Supporting the In-Field Use of Wearable Inertial Sensors for Sport Performance Evaluation: A Systematic Review. *Sensors*, 18(3), 873.
- CompTIA. (2019, January 30). *IT industry outlook 2019*. Retrieved August 20, 2019, from CompTIA: <https://www.comptia.org/resources/it-industry-trends-analysis>
- Corazza, S., Mündermann, L., Gambaretto, E., Ferrigno, G., & Andriacchi, T. (2010). Markerless Motion Capture through Visual Hull, Articulated ICP and Subject Specific Model Generation. *International Journal of Computer Vision*, 87, 156-169.
- Craig, C. (2013). Understanding perception and action in sport: How can virtual reality technology help? *Sports Technology*, 6(4), DOI: 10.1080/19346182.2013.855224.
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global Positioning Systems (GPS) and Microtechnology Sensors in Team Sports: A Systematic Review. *Sports medicine*, 43(1025).
- Düking, P., Hotho, A., Holmberg, H.-C., Fuss, F. K., & Sperlich, B. (2016). Comparison of Non-Invasive Individual Monitoring of the Training and Health of Athletes with Commercially Available Wearable Technologies. *Frontiers in physiology*, 7(71), doi:10.3389/fphys.2016.00071.
- da Silva, C., Machado, G., Fernandes, A. A., Teoldo, I., Pimenta, E., Marins, J., et al. (2018). Muscle Damage–Based Recovery Strategies Can Be Supported by Predictive Capacity of Specific Global Positioning System Accelerometry Parameters Immediately a Post-Soccer Match-Load. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, PAP, doi:10.1519/JSC.0000000000002922.
- Farzam, P., Starkweather, Z., & Franceschini, M. A. (2018). Validation of a novel wearable, wireless technology to estimate oxygen levels and lactate threshold power in the exercising muscle. *Physiological Reports*, 6(7), e13664.
- Giblin, G., Tor, E., & Parrington, L. (2016). The impact of technology on elite sports performance. *Sensoria: A Journal of Mind, Brain & Culture*, 12(2), 3-9.
- Gradl, S., Eskofier, B., Eskofier, D., Mutschler, C., & Otto, S. (2016). Virtual and Augmented Reality in Sports - An Overview and Acceptance Study. *The 2016 ACM International Joint Conference* (pp. 885-888). Heidelberg, Germany: UbiComp.
- Hernando, D., Garatachea, N., Almeida, R., Casajus, J., & Bailón, R. (2016). Validation of Heart Rate Monitor Polar RS800 for Heart

- Rate Variability Analysis During Exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 32(3), 716-725.
- Hoffmann, C. P., Filippeschi, A., Ruffaldi, E., & Bardy, B. G. (2013). Energy management using virtual reality improves 2000m rowing performance. *Journal of Sports Sciences*, 32(6), DOI: 10.1080/02640414.2013.835435.
- Hopkins, W. G. (1991). Quantification of training in competitive sports: methods and applications. *Sports Medicine*, 12 (3), 161-183.
- Huang, Y., Churches, L., & Reilly, B. (2015). A Case Study on Virtual Reality American Football Training. *Proceedings of the 2015 Virtual Reality International Conference*, (pp. 1-5). Laval, France.
- Impellizzeri, F., Rampinini, E., & Marcora, S. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of sports sciences*, 23, 583-592.
- Johnston, R., Watsford, M., Kelly, S., Pine, M., & Spurr, R. (2014). Validity and Interunit Reliability of 10 Hz and 15 Hz GPS Units for Assessing Athlete Movement Demands. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28 (6), 1649-1655.
- Joyner, M., & Coyle, E. (2007). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of physiology*, 586(1), 35-44.
- Katz, L., Parker, J., Tyreman, H., Kopp, G., Levy, R., & Chang, E. (2006). Virtual Reality in Sport and Wellness: Promise and Reality. *International Journal of Computer Science in Sport*, 4(1), 4-16.
- Kyriakos, T., & Yiannis, K. (2018). Validation of the Polar RS800CX for assessing heart rate variability during rest, moderate cycling and post-exercise recovery. *F1000Research*, 7(1501).
- Luckerson, V. (2014, March 25). *Facebook Buying Oculus Virtual-Reality Company for \$2 Billion*. Retrieved September 26, 2019, from time.com: <https://time.com/37842/facebook-oculus-rift/>
- McDuffie, J. (2017, Jun 19). *Why the Military Released GPS to the Public*. Retrieved September 17, 2019, from Popular Mechanics: <https://www.popularmechanics.com/technology/gadgets/a26980/why-the-military-released-gps-to-the-public/>
- McLellan, C., Lovell, D., & Gass, G. (2011). Performance Analysis of Elite Rugby League Match Play Using Global Positioning Systems. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1703-1710.
- Mikami, D., Takahashi, K., Saijo, N., Isogawa, M., Kimura, T., & Kimata, H. (2018). Virtual Reality-based Sports Training System and Its Application to Baseball. *NTT Technical Review*, 16(3).
- Mooney, M., O'Brien, B., Cormack, S., Coutts, A. J., Young, W., & Berry, J. (2011). The relationship between physical capacity and match performance in elite Australian football: A mediation approach. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(5), 447-452.
- Morey Sorrentino, R., Levy, R., Katz, L., & Peng, X. (2005). Virtual Visualization: Preparation for the Olympic Games Long-Track Speed Skating. *International Journal of Computer Science in Sport*, 4(1), 39-44.
- Moxy Monitor. (2014, March). *Moxy Monitor - Devices, The Science Behind Moxy*. Retrieved September 18, 2019, from Moxy Monitor: http://www.moxymonitor.com/wp-content/themes/moxymonitor/documents/Moxy_Scientific_Explanation_march2014.pdf
- NASA. (2012, October 12th). *Global Positioning System History*. Retrieved September 17, 2019, from nasa.gov: https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/GPS_History.html
- Panjkota, A., Stančić, I., & Šupuk, T. (2009). Outline of a qualitative analysis for the human motion in case of ergometer rowing. *WSEAS international conference on Simulation, modelling and optimization*. Budapest.
- Paulich, M., Schepers, M., Rudigkeit, N., & Bellusci, G. (2018). *Xsens MTw Awinda: Miniature Wireless Inertial-Magnetic Motion Tracker for Highly Accurate 3D Kinematic Applications*. Retrieved November 25, 2018, from Xsense: <https://www.xsens.com/>
- Perrey, S., & Ferrari, M. (2011). Muscle Oximetry in Sports Science: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(3), 597-616.
- Petri, K., Danneberg, M., Dieter Ohl, C., Emmermacher, P., Masik, S., & Witte, K. (2018). Towards the Usage of Virtual Reality for Training in Sports. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 7(1), DOI: 10.26717/BJSTR.2018.07.001453.
- Sen, Dž. (2007). *Informaciona tehnologija: principi, praksa, mogućnosti*. (G. Stamenković, Prev.) Beograd: Kompijuter biblioteka.
- Spörri, J., Schiefermüller, C., & Mülle, E. (2016). Collecting Kinematic Data on a Ski Track with Optoelectronic Stereophotogrammetry: A Methodological Study Assessing the Feasibility of Bringing the Biomechanics Lab to the Field. *PLoS ONE*, 11(8), doi: org/10.1371/journal.pone.0161757.
- StriVR. (2018, March). *Guidebook download*. Retrieved September 30, 2019, from strivr.com: https://www.strivr.com/wp-content/uploads/2018/04/STRIVR_NFL-Combine-Book_FINAL2b.pdf
- Sutherland, I. (1965). "The Ultimate Display". *Proceedings of the IFIP Congress* (pp. 506-508). OSD: ARPA.
- Sutherland, I. (1968). A head-mounted three dimensional display. *AFIPS '68 (Fall, part I) Proceedings of the December 9-11, Fall joint computer conference, part I* (pp. 757-764). New York: ACM.
- Thompson, W. (2017). Worldwide survey of fitness trends for 2018: The crep edition. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 21(6), 10-19.
- Tirp, J., Steingröver, C., Wattie, N., Baker, J., & Schorer, J. (2015). Virtual realities as optimal learning environments in sport – A transfer study of virtual and real dart throwing. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 57(1), 57-69.
- Van der Kruk, E., & Reijne, M. (2018). Accuracy of human motion capture systems for sport applications; state-of-the-art review. *European Journal of Sport Science*, 18, 1-14.
- Vicon. (2019a). *Biomechanics and Sport*. Retrieved February 3, 2019, from www.vicon.com: <https://www.vicon.com/motion-capture/biomechanics-and-sport>
- Vicon. (2019b). *What is motion capture – Intelligence in motion*. Retrieved October 3, 2019, from vicon.com: <https://www.vicon.com/about-us/what-is-motion-capture/>
- Vignais, N., Kulpa, R., Brault, S., Presse, D., & Bideau, B. (2015). Which technology to investigate visual perception in sport: Video vs. virtual reality. *Human Movement Science*, 39, 12-26, DOI: 10.1016/j.humov.2014.10.006.

- Waldron, M., Twist, C., Highton, J., Worsfold, P., & Daniels, M. (2011). Movement and physiological match demands of elite rugby league using portable global positioning systems. *Journal of Sports Sciences*, 29(11), 1223-1230.
- Wang, B., Xu, G., Tian, Q., Sun, J., Sun, B., Zhang, L., et al. (2012). Differences between the Vastus Lateralis and Gastrocnemius Lateralis in the Assessment Ability of Breakpoints of Muscle Oxygenation for Aerobic Capacity Indices During an Incremental Cycling Exercise. *Journal of sports science & medicine*, 11(4), 606-613.
- Wiemeyer, J., & Mueller, F. (2015). Information and communication technology-enhanced learning and training. In A. Baca, & A. Baca (Ed.), *Computer science in sport: research and practice* (pp. 187-213). New York: Routledge.
- Xsense. (2018). *MTw Awinda*. Retrieved December 20, 2018, from [www.xsens.com:https://www.xsens.com/products/mtw-awinda/](https://www.xsens.com/products/mtw-awinda/)
- Zhang, L., Brunnett, G., Petri, K., Danneberg, M., Masik, S., Bandow, N., et al. (2018). KaraKter: An autonomously interacting Karate Kumite character for VR-based training and research. *Computers & Graphics*, 72, 59-69.
-

Datum prijave: 16.10. 2019.

Datum prihvatanja: 04.12.2019

Kontakt

Jovan Plećaš, Fakultet za sport i turizam,
Radnička 30a, 21000 Novi Sad
E-mail: jovan.plecas@tims.edu.rs