ПРИМЕНАТА НА РАДАРОТ И ЛАСЕРОТ ЗА ДИЈАГНОСТИКА ВО СПОРТОТ И ВЕЖБАЊЕТО



УДК:796.012.23/621.396.9

Александар Ацески
Факултет за физичко образование, спорт и здравје,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“-Скопје,
Македонија
е-пошта: aceskiaceski@gmail.com

Александар Туфекчиевски
Владимир Вуксановиќ
Катерина Спасовска

АПСТРАКТ

Примената на современата технологија е вообичаена појава во врвниот спорт. Изборот на инструменти за тестирање на физичките перформанси секогаш се базира на реалната потреба на стручното лице. Инструментите мора да поседуваат валидност, реалијабилност, точност и прецизност, доколку главниот императив на контролата и мониторирањето на перформансот на спротистот е вистинска слика за неговите можности. Иако денес се присутни голем број на инстрменти за мерење на брзината кои повеќе или помалку ги задоволуваат овие критериуми, сепак, предложените модели тоа го обезбедуваат во целост.

Клучни зборови: радар, ласер, валидност, релијабилност, точност, прецизност, брзина, косинус ефект, филтрирање.

APPLICATION OF RADAR AND LASER IN DIAGNOSTICS IN SPORT AND EXERCISE

Aleksandar Aceski, Aleksandar Tufekchievski, Vladimir Vuksanovikj, Katerina Spasovska
Faculty of physical education, sport and health,
University – Ss. Cyril and Methodius” – Skopje,
Macedonia

ABSTRACT

The application of contemporary technology is a common occurrence in elite sports. The choice of instruments for testing physical performance is always based on the real need of the expert. Instruments must possess validity, reliability, accuracy, and precision if the main imperative of controlling and monitoring the performance of the opponent is to obtain a true picture of his capabilities. Although a number of velocity measuring instruments are available today, the proposed radar and laser models fully possess these features.

Key words: radar, laser, validity, reliability, precision, accuracy, velocity, cosine effect, filtering.

ВОВЕД

Интересот за примена на технологија во спортот и вежбањето, расте рапидно со развојот на современите технолошки достигнувања. Денес, е веќе незамисливо реализирањето на тренингот, натпреварот, тестирањето и сл. без користење на инструменти за мониторирање и контрола на перформансите на спортистите.
Почетоците на радарот датираат уште од далечната 1885-1888 година, кога германскиот физичар Хајнрих Рудолф Херц започнал да експериментира со систем на пулсирачки бранови со фреквенција од околу 455 Hz (Херц). Тој забележал дека каракетристиките на радио брановите наликуваат на оние од светлосните бранови и дека тие можат да се одбијат од метални предмети. Сепак, неговиот ангажман не резултирал со некоја практична примена. Потоа, во 1904 година, германецот Кристијан Хулсмаер поднел пантент во Лондон за уред кој ги детектира бродовите во морето. Но, и покрај неговите обиди да го пробие уредот кај поголемите компании, тој не бил сфатен сериозно во тоа време.

Во 1930 тите години радар почнале да развиваат неколку земји, а во текот на втората светска војна неговата технологија се усовршила до тој степен што веќе започнало производство на многу помали и поточни радари.

Во голем број случаи во спортот и физичките активности, брзината на движење на спортистите, спортските реквизити, предметите, возилата и сл. е клучен фактор за успехот. Така на пример, во трките со формули, спортски автомобили, велосипеди, боб-санки, веслање и др. треба да се развие што е можно поголема брзина на патеката. Во атлетските тркачки дисциплини особено во спринтерските од пресудна важност е атлетичарите да постигнат максимална брзина за што пократко време и истата да ја одржат што подолго, додека во спортовите каде што се користат спортски рекети или палки како што се тенис, понг-понг, бејзбол, но и спортовите кои се играат со топка (најчесто фудбал, кошарка, ракомет, одбојка, ватерполо и др.) од спортистите се бара во даден момент да предизвикаат што е можно поголема брзина на топчето односно топката, со што противникот ќе биде ставен во назавидна позиција и нема да може правовремено да реагира. Покрај тоа, информациите за брзината на движењето во некои од споменатите спортови ни укажува за техниката на движењата и потребата за нејзина корекција.

Денес, во ерата на технолошка експанзија и дигитализација, секојдневно се појавуваат инструменти и системи за мерење на брзината на движењето. Нивната прецизност и точност оди до таму што можат да ги детектираат и најмалите поместувања на деловите од телото или предметите кои што се анализираат. Сепак, во овој текст ќе бидат презентирани карактеристиките на радарот и ласерот (lidar), како инструменти за мерење на брзината кои се најраспространети и најчесто применувани во спортот и физичките активности.

Кондиција

РАДАР

Радарот (на англиски јазик акроним од Radio Detection and Ranging) е уред кој ги користи радио (електромагнетните) брановите за да ја одреди положбата, дистанцата, аголот и брзината на предметите во просторот. Во спортот вообичаено се користи за одредување на брзината на движењето преку т.н. Доплеров ефект. Овој ефект е именуван по австрискиот физичар Кристијан Доплер (1803-1853) кој го открил во 1842 година. Тој се јавува кога има движење на приемникот (радарот) или предавателот (топка/че, возило, човек и др.) при што доаѓа до менување на фреквенцијата на брановите регистрирана од приемникот (радарот).

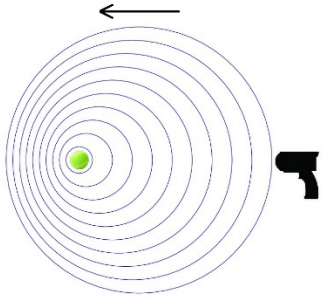
Приемникот (радарот) испраќа радио бранови со константна фреквенција преку радио трансмитер, а тие бранови се рефлектираат назад кон него. Колку повеќе предавателот (топка/че, возило, човек и др.) се приближува кон приемникот (радарот), толку брановите се пократки и е потребно пократко време да стигнат до него. И обратно,

колку повеќе предавателот (топка/че, возило, човек и др.) се оддалечува од приемникот (радарот), толку брановите кои се рефлектираат назад се подолги и е потребно подолго време да стигнат до него.

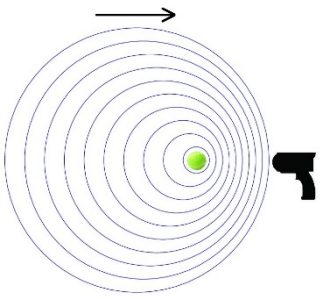
На слика 1 е претставен звукот на џипот кога тој се оддалечува или приближува кон човекот. Оддалечувањето на џипот од човекот е проследено со долга бранова должина и ниска фреквенција (низок тон), додека приближувањето на џипот е проследено со кратка бранова должина и висока фреквенција (висок тон). На сликите 2 и 3 е прикажан Доплеровиот ефект кај тениско топче кога тоа се оддалечува односно приближува кон радарот.



Слика 1. Доплеров ефект

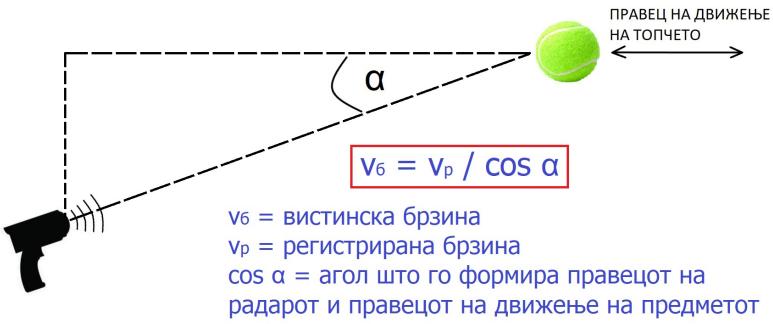


Слика 2. Доплеров ефект (топчето се оддалечува од радарот - долга бранова должина)



Слика 3. Доплеров ефект (топчето се приближува кон радарот - кратка бранова должина)

Прецизноста на радарот најмногу зависи од неговата позиција во однос на предметот што се движи. Доколку радарот е поставен во иста линија (правец) со линијата на движење на предметот, тогаш тој ја регистрира вистинската брзина. Меѓутоа, ако радарот не е позициониран во иста линија со линијата на движењето на предметот (како што е тоа најчесто во спортовите со топка) брзината на движење ќе биде помала. Оваа појава се нарекува **косинус ефект**, поради фактот дека регистрираната брзина е во директна релација со косинусот од аголот меѓу правецот на радарот и правецот на движење на предметот (слика 4). Ова особено е евидентно во тенисот, поради фактот дека радарот најчесто е позициониран во правец со централната линија на теренот (Robinson, G. 2016). Имајќи го ова предвид, доколку е присутен слајс сервис односно сервис во страна (сервис со ексцентричен ударен импулс) топчето ќе скршнува од праволиниската траекторија поради Магнусовиот ефект односно дејството на Магносовата сила, па во тој случај косинус ефектот ќе биде поизразен.



Слика 4. Косинус ефект кај радарот

Во табела 1 е прикажана релацијата меѓу косинусот на аголот и процентот на грешка во мерењето на брзината (km/h). Од прегледот на табелата јасно се гледа дека колку е поголем аголот што го формираат правецот на радарот и правецот на движење на предметот, толку ќе биде поголема и грешката во регистрираната брзина. Доколку радарот е поставен под агол од 90⁰, тогаш грешката ќе биде 100% а измерената брзина 0.

Табела 1. Релација меѓу косинусот на аголот и процентот на грешка во мерењето на брзината (km/h)

Агол↓	Брзина→ Грешка ↓	10 km/h	20 km/h	30 km/h	40 km/h	50 km/h	60 km/h	70 km/h	80 km/h	90 km/h	100 km/h	150 km/h	200 km/h	300 km/h
1°	0.02%	10.00	20.00	30.00	39.99	49.99	59.99	69.99	79.99	89.99	99.98	149.98	199.97	299.95
2°	0.06%	9.99	19.99	29.98	39.98	49.97	59.96	69.96	79.95	89.95	99.94	149.91	199.88	299.82
3°	0.14%	9.99	19.97	29.96	39.95	49.93	59.92	69.90	79.89	89.88	99.86	149.79	199.73	299.59
4°	0.24%	9.98	19.95	29.93	39.90	49.88	59.85	69.83	79.81	89.78	99.76	149.63	199.51	299.27
5°	0.38%	9.96	19.92	29.89	39.85	49.81	59.77	69.73	79.70	89.66	99.62	149.43	199.24	298.86
6°	0.55%	9.95	19.89	29.84	39.78	49.73	59.67	69.62	79.56	89.51	99.45	149.18	198.90	298.36
7°	0.75%	9.93	19.85	29.78	39.70	49.63	59.55	69.48	79.40	89.33	99.25	148.88	198.51	297.76
8°	0.97%	9.90	19.81	29.71	39.61	49.51	59.42	69.32	79.22	89.12	99.03	148.54	198.05	297.08
9°	1.23%	9.88	19.75	29.63	39.51	49.38	59.26	69.14	79.02	88.89	98.77	148.15	197.54	296.31
10°	1.52%	9.85	19.70	29.54	39.39	49.24	59.09	68.94	78.78	88.63	98.48	147.72	196.96	295.44
15°	3.41%	9.66	19.32	28.98	38.64	48.30	57.96	67.61	77.27	86.93	96.59	144.89	193.19	289.78
20°	6.03%	9.40	18.79	28.19	37.59	46.98	56.38	65.78	75.18	84.57	93.97	140.95	187.94	281.91
25°	9.37%	9.06	18.13	27.19	36.25	45.32	54.38	63.44	72.50	81.57	90.63	135.95	181.26	271.89
30°	13.40%	8.66	17.32	25.98	34.64	43.30	51.96	60.62	69.28	77.94	86.60	129.90	173.21	259.81
35°	18.08%	8.19	16.38	24.57	32.77	40.96	49.15	57.34	65.53	73.72	81.92	122.87	163.83	245.75
40°	23.40%	7.66	15.32	22.98	30.64	38.30	45.96	53.62	61.28	68.94	76.60	114.91	153.21	229.81
45°	29.29%	7.07	14.14	21.21	28.28	35.36	42.43	49.50	56.57	63.64	70.71	106.07	141.42	212.13
50°	35.72%	6.43	12.86	19.28	25.71	32.14	38.57	45.00	51.42	57.85	64.28	96.42	128.56	192.84
55°	42.64%	5.74	11.47	17.21	22.94	28.68	34.41	40.15	45.89	51.62	57.36	86.04	114.72	172.07
60°	50.00%	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	75.00	100.00	150.00
65°	57.74%	4.23	8.45	12.68	16.90	21.13	25.36	29.58	33.81	38.04	42.26	63.39	84.52	126.79
70°	65.80%	3.42	6.84	10.26	13.68	17.10	20.52	23.94	27.36	30.78	34.20	51.30	68.40	102.61
75°	74.12%	2.59	5.18	7.76	10.35	12.94	15.53	18.12	20.71	23.29	25.88	38.82	51.76	77.65
80°	82.64%	1.74	3.47	5.21	6.95	8.68	10.42	12.16	13.89	15.63	17.36	26.05	34.73	52.09
85°	91.28%	0.87	1.74	2.61	3.49	4.36	5.23	6.10	6.97	7.84	8.72	13.07	17.43	26.15
90°	100.00%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

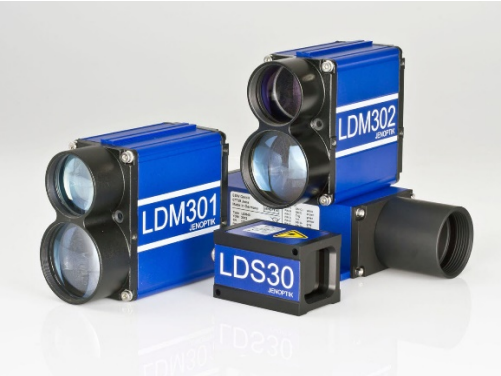
Денес, на пазарот се присутни голем број компании за производство на радари со најразлични технички карактерстики и цена на чинење. Но сепак, Stalker ATS radar gun, Radar Sales, Minneapolis, MN, USA е компанија која отскокнува во поглед на квалитетот и прецизноста и е најзастапен бренд за вакви инструменти во спортот (слика 5).



Слика 5. Радар од моделот STALKER

ЛАСЕР

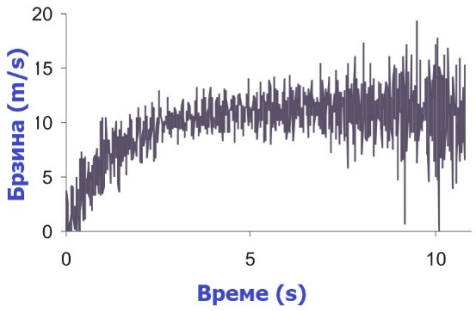
Ласерот (или Lidar, на англиски јазик акроним од Light Detection and Ranging) е инструмент кој се базира на пулсирачка инфрацрвена ласерска светлина наместо на Доплеровиот ефект, и за пресметување на оддалеченоста на предметот, инструмент го регистрира времето на патување на пулсот од него до предметот и назад.
Ласерот е многу поефиктивен и поточен за мерење на брзината на предметите од радарот и најчесто се користи во тркачките атлетски дисциплини. За разлика од брановите на радарот кои се шират со зголемување на растојанието на предметот, пулсевите на ласерот се многу по збиени (исто како кај обичен ласер за покажување). Па така, ако повеќе предмети се движат кон ласерот, тој може да ја регистрира брзината на точно таргетиран предмет, додека радарот ги прима рефлектираните сигнали од повеќето предмети (McGinnis, P. 2013).
Спортскиот ласер од моделот LAVEG, развиен од Јеноптик (Jena, Germany) е најраспространет и се користи на сите позначајни атлетски натпреварувања од страна на Меѓународната атлетска федерација уште од светското првенство во Атина во 1997 година (Bruggeman, G.P, et al. 1997). Растојанието и брзината на атлетичарот во текот на трката, инструментот го регистрира со фреквенција од 50 Hz или 100 Hz. Тој вообичаено се поставува на растојание од 3-10 метри позади атлетичарот на стартната линија на висина од 1 метар (приближно во висина на тежиштето од телото) (Morin, J.B. & Samozino, P. 2018), а добиена брзина од поместување-време податоците (слика 5) мора да помине низ процес на филтрирање и гладење (слика 6) (Harrison, A.J. 2005).



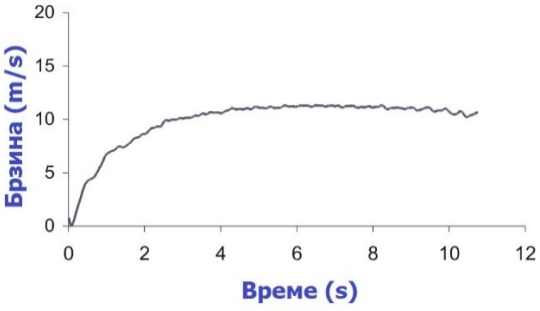
Слика 5. Ласер од моделот LAVEG



Слика 6. Позиционирање на спортскиот ласер

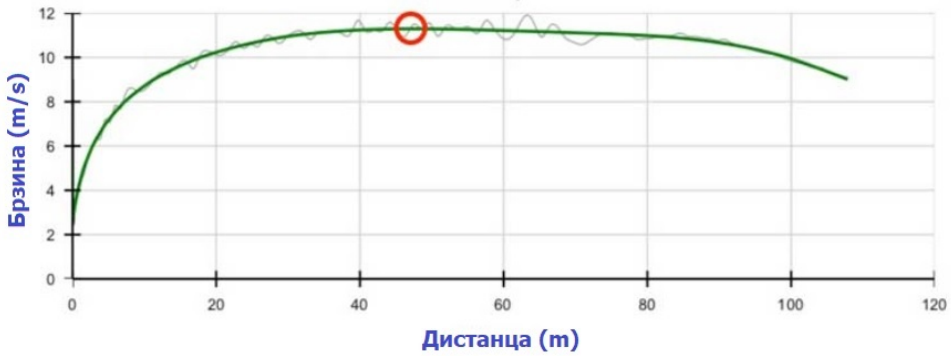


Слика 5. Резултати за брзината добиени од сировите (нефилтрирани) поместување-време податоци



Слика 6. Резултати за брзината добиени после оптимално филтрирање и гладење на податоците

На слика 7, се прикажани промените во моменталната брзина на тркач на 100 метри со користење на ласер, а на долната табела се претставени директно и индиректно добиените параметри од кинематичка и кинетичка (динамичка) природа, кои се многу важни за процена на перформансот на спортистот.



Максимална брзина (m/s)	Време до максимална брзина (s)	Дистанца до максимална брзина (m)	Максимална сила (N/kg)	Максимална моќ (W/kg)	Просечна моќ (W/kg)
11.3	5.5	47.6	6.4	22.9	6.5

Слика 7. Промени во моменталната брзина и други параметри во трка на 100 метри

ЗАКЛУЧОК

Стандардизираните процедури на мерење и изборот на соодветни инструменти е главниот услов за валидни, релијабилни, точни и прецизни резултати (Haugen. T. & Bucheit, M. 2015). Двата презентирани модели на инструменти во овој текст, во целост ги поседуваат овие карактеристики (Bezodis, E.N. et al. 2012, Busca, B. et al. 2012, Harrison, J.A. et al. 2005, Haugen. T. & Bucheit, M. 2015) и особено се погодни за мерење на праволиниската брзина на движење на предметите или човекот во спортови како што се атлетика, тенис, бејзбол, фудбал, ракомет, одбојка, велосипедизам, автомобилизам, скијање и др. Тие се релативно едноставни за користење, со оглед на тоа дека не се потребни некои посебни компјутерски вештини или знаења за нивно успешно ракување.

Современите технолошки достигнувања во голема мера го олеснуваат планирањето, програмирањето и реализирањето на тренажниот процес, имајќи предвид дека добиените резултати реално ги отсликуваат потенцијалот и можностите на спортистите.

ЛИТЕРАТУРА

Busca, B., Moras, G., Pena,J., & Rodriguez-Jimenez. S. (2012). Routledge. *Journal of Sports Sciences, February 2012*; 30(3): 269–276.

Bezodis, E.N., Salo, T.A., & Trewartha, G. (2012). Measurement Error in Estimates of Sprint Velocity from a Laser Displacement Measurement Device. *International Journal of Sports Medicine* 2012; 33: 439–444.

Bruggeman, GP, Koszewski, D, & Muller, H. Biomechanical research project Athens 1997: Final report. *Oxford: Meyer & Meyer Sport*; 1997.

Morin, B.J., & Samozino, P. (2018).Biomechanics of training and testing. Inovative concepts and simple fields methods. *Springer*.

Marton, J.J. (2012). Evaluation of doppler radar ball tracking and its experimental uses. *Master Thesis*. Washington State University, Department of Mechanical and Materials Engineering.

McGinnis, P. (2013). Biomechanics of sport and exercise 3th edition. *Champaign, IL: Human Kinetics.*

Harrison, J.A., Jensen, L.R., & Donoghue, O. (2005). A Comparison of Laser and Video Techniques for Determining Displacement and Velocity During Running. *Measurement in physical education and exercise science,* 9(4), 219–231

Robinson, G & Robinson, I. (2016). Radar speed gun true velocity measurements of sports-balls in flight: application to tennis. The Royal Swedish Academy of Sciences. *Phys. Scr. 91* (2016) 023008 (19pp)

Haugen, T., Buchheit, M. Sprint Running Performance Monitoring: Methodological and Practical Considerations. *Sports Med* 46, 641–656 (2016). https://doi.org/10.1007/s40279-015-0446-0

http://www.sportsradargun.com/ пристапано на 23.5.2020 г.

https://simplifaster.com/articles/athletes-peak-sprint-velocity/ пристапено на 21.5.2020 г.

Кондиција