

حرکت

شماره ۱۸ - ص ص : ۸۰ - ۶۵

تاریخ دریافت : ۸۲/۱۰/۰۱

تاریخ تصویب : ۸۲/۱۰/۲۸

## طراحی یک دستگاه تله متری الکترونیکی با استفاده از لب-تاپ و دوربین فیلم برداری برای اندازه گیری پارامترهای سینماتیکی و دینامیکی دونده‌های دو سرعتی

دکتر مرتضی شهبازی مقدم<sup>۱</sup> - فریدون جواشی

دانشیار دانشگاه تهران - عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد واحد لاهیجان

### چکیده

در این مقاله سرعت، شتاب، نیروی عکس‌العمل زمین، ترمزی و نیروی جهشی دونده‌های دو سرعتی تیم ملی ایران اندازه‌گیری شد. دستگاه تله متری طراحی شده کمک کرد تا با اندازه‌گیری زمان‌های هر ۱۰ متر فرستادن آن به رایانه لب - تاپ بتوانیم تغییرات سرعت و شتاب دوندگان را در طول ۱۰۰ متر دوییدن تعیین کنیم. برای اندازه‌گیری پارامترهای دینامیکی، از دوربین فیلم برداری ۲۵ هر تن استفاده شد. در هنگام دوییدن، در سرعت ثابت که توسط اندازه‌گیری‌های سینماتیکی تعیین شده است نیروهای عکس‌العمل زمین، ترمزی و جهش دونده تعیین شد. برای رسم تغییر سرعت و شتاب از برنامه اکسل استفاده شد. سه دونده برتر تیم ملی در این آزمون شرکت داشتند. رکوردهای دوندگان به ترتیب ۱۰/۸، ۱۱/۰۲ و ۱۱/۶۰ ثانیه در ۱۰۰ متر دو بود. بررسی نشان داد چگونه سرعت ابتدا به طور سریع تغییر کرده و بعد از مدتی، یکنواخت باقی می‌ماند و سپس وقتی دونده به انتهای ۱۰۰ متر نزدیک می‌شود، کاهش پیدا می‌کند. برعکس شتاب دوندگان در آغاز بیشتر بوده و سپس بتدریج کاهش پیدا می‌کند. در سرعت حد شتاب دوندگان صفر و همزمان با نزدیک شدن دونده به انتهای ۱۰۰ متر منفی می‌شود. اندازه‌گیری نیروها نشان داد دونده با گام بلندتر دارای نیروهای عکس‌العمل زمین، ترمزی و جهشی بیشتر است که با نتایج به دست آمده توسط دیگر پژوهشگران به خوبی تطبیق می‌کند.

### واژه‌های کلیدی

سرعت، شتاب، نیروهای عکس‌العمل، ترمزی، جهشی، زمان پرواز مرکز جرم و دونده دو سرعتی.

1- Email : Shahbazi@ut.ac.ir

قسمتی از این کار در بیستمین سمپوزیوم بین‌المللی *ISBS* در سال ۲۰۰۲ در اسپانیا ارائه شده است.

[www.SID.ir](http://www.SID.ir)

## مقدمه

امروزه دستگاه‌های الکترونیکی به مقدار وسیع در تعلیم مهارت‌های ورزشی و تحقیقات کاربردی در اندازه‌گیری سرعت دویدن، راه رفتن، پریدن و اسکی کردن به کار گرفته می‌شود. دستگاه طراحی شده، از ۱۰ فرستنده FM با گستره فرکانسی 98-108MHZ، یک گیرنده FM و یک مدار واسط که این اطلاعات زمانی را وارد رایانه می‌کند، تشکیل می‌شود. فرستنده‌ها روی پایه‌های خاص و هر ۱۰ متر در طول مسیر دو قرار می‌گیرند. این فرستنده‌ها در حالت عادی خاموش‌اند، ولی زمانی که دوندۀ نزدیک آن‌ها می‌رسد، روشن شده و سیگنالی تولید کرده و می‌فرستند. گیرنده این سیگنال را دریافت کرده و به مدار واسط می‌فرستد. در این مدار، سیگنال ابتدا به شکل مناسب درآمده و سپس به رایانه اعمال می‌شود. بنابراین این ۱۰ سیگنال مربوط به ۱۰ فرستنده وارد رایانه شده و زمان سنج رایانه را به ترتیب برای ۱۰، ۲۰ و... ۱۰۰ متر قطع می‌کند. بدین ترتیب ۱۰ زمان مربوط به ۱۰ فاصله ۱۰ متری به دست می‌آید. هر فرستنده دارای سلول فتوسلی است که در کانون یک عدسی قرار دارد. زمانی که دوندۀ در میدان دید عدسی قرار می‌گیرد، تصویر او روی فتوسل می‌افتد که موجب تغییر رسانایی آن می‌گردد. این تغییر رسانایی با مدار مناسبی سبب روشن شدن فرستنده می‌شود.

فتوسل‌ها نیز به مقدار زیاد در اندازه‌گیری‌های مربوط به مهارت‌های ورزشی بکار گرفته می‌شوند. تا آنجا که با ترکیب آن‌ها محققان پرده نوری از آن‌ها ساخته و توانسته‌اند سرعت اجسام متحرک را اندازه‌گیری کنند. سرعت و زاویه پرتاب نیز با این روش با دقت خوبی اندازه‌گیری کنند (۱۲ و ۱۳).

در روشی دیگر که فتوسل‌ها مستقیماً به رایانه وصل می‌شوند، به نام تشک اتصالی فتوسلی (PCM) که هم برای تحقیق و هم برای اهداف آموزشی بکار گرفته می‌شود، این روش برای اندازه‌گیری زمان تماس پا با زمین و زمان پرواز دوندۀ بکار می‌آید. از این رهگذر می‌توان فرکانس گام‌ها را بر حسب زمان و مسافت دو تعیین کرد (۱۲).

هدف این تحقیق بررسی اعتبار و دقت این روش در تعیین تغییر سرعت و شتاب دوندۀهای برتر و شناسایی رفتار آن‌ها در دو ۱۰۰ متر بود تا معیاری برای مقایسه و در نهایت اظهار نظر سازنده بوجود آید.

## روش تحقیق

## الف) مطالعه سینماتیکی

یکی از روش‌ها، استفاده از ۱۰ دورین فیلم برداری  $60\text{ Hz}$  است که به فاصله ۱۰ متری از هم قرار می‌گیرند (۱). این دورین‌ها با هم به وسیله نور حاصل از یک تپانچه همزمان می‌شوند. با زمان‌های اندازه‌گیری شده توسط این دورین‌ها تغییرات سرعت دونده به دست می‌آید. در یک روش دیگر (۱۴) از دو تیرک مجزای سلول فتوالکتریک و یک میکرو کامپیوتر استفاده می‌شود. تیرک‌ها به فاصله  $1/12$  متری از هم قرار می‌گیرند که فاصله قانونی خطوط پیست دو ۱۰۰ متر است. این دو تیرک شامل ۱۹ فتوسل گیرنده و دو واحد فرستنده است که نور مادون قرمز را به گیرنده‌ها می‌فرستند. خطوط نورانی مادون قرمز بر مسیر دو عمودند و به فاصله کمتر از ۵۰ میلی‌متر از هم قرار دارند. قطع و وصل نور، علائم الکتریکی بوجود می‌آورد که به صفحه مبدل  $A/D$  رایانه اعمال شده و در نهایت خوراک رایانه تأمین می‌شود.

## روش پیشنهادی

در روش پیشنهادی، از ۱۰ فرستنده  $FM$  استفاده می‌شود. این فرستنده‌ها از دو قسمت تشکیل می‌شوند که یکی مدار سوئیچینگ مربوط به فتوسل و دیگری نوسان‌کننده است که نقشه شماتیک آن در شکل ۱ نشان داده شده است. در قسمت سوئیچینگ، فتوسل که در کانون یک عدسی قرار دارد، وقتی نوبه آن می‌تابد، رسانایی آن کم شده و ترانزیستور  $25C815$  را در حال قطع نگه می‌دارد. زمانی که دونده در میدان دید عدسی قرار می‌گیرد، تصویرش روی فتوسل سایه می‌افکند و رسانایی آن افزایش پیدا می‌کند و سبب هدایت ترانزیستور شده و فرستنده یک سیگنال می‌فرستد تا گیرنده دریافت کند.

برای دریافت علائم مربوط به حضور دونده در هر ۱۰ متر، از یک گیرنده  $FM$  با حساسیت قابل قبول استفاده شد. سیگنال خروجی مربوط به هر فرستنده از روی خروجی مربوط به بلندگوی گیرنده گرفته می‌شود. این سیگنال به یک مقایسه‌کننده الکترونیکی اعمال می‌شود که عمل تبدیل علائم ضعیف خروجی بلندگو به پالس‌هایی با پهنای مناسب برای تشخیص بهتر دونده در فاصله‌های مورد نظر را انجام می‌دهد.

مدار مقایسه‌کننده در حساسیت گیرنده بسیار مؤثر است. به طوری که هر تغییری در این مدار، حساسیت گیرنده را تغییر می‌دهد. خروجی این مدار به یک شکل‌دهنده (منواستایل) مربوط می‌شود تا علائم به‌دست آمده از گیرنده به شکل مناسب برای اعمال به رایانه درآید (شکل ۲). در ضمن لازم است یادآور شویم که وجود این شکل‌دهنده سبب می‌شود که مثلاً اگر نقطه هیپ دهنده در نظر گرفته شده باشد، با حضور این نقطه در دید عدسی، این شکل‌دهنده آن را دریافت می‌کند و اجازه نمی‌دهد وجود نقاط دیگر بدن اختلالی در گیرنده و اندازه‌گیری به وجود آورد.

این سیگنال‌ها از طریق ورودی مربوط به چاپگر به رایانه لب - تاپ اعمال می‌شود و به ازای هر سیگنال مربوط به هر فرستنده، یکی از شمارنده‌های موجود روی صفحه نمایش رایانه که قبلاً با صدای تپانچه شروع به شمارش کرده بود، متوقف می‌شود. زمان‌های به‌دست آمده روی صفحه نمایش به ترتیب مربوط به ۱۰، ۲۰ تا ۱۰۰ متر است که بعداً این اطلاعات وارد برنامه Xcel شده، فراوری می‌شود.

### ب) مطالعه دینامیکی

بیشترین فشارهای عضلانی - اسکلتی به اعضای پایین تنه در حین دویدن در زمان تماس با زمین رخ می‌دهد و تجزیه و تحلیل نیروهای عکس‌العمل زمین می‌تواند عامل مؤثر و تغییردهنده این فشارها باشد. با اندازه‌گیری نیروهای وارد به عضلات و دیگر بافت‌های عضلانی، به تشخیص روابط بین نیروهای وارده و صدمات حاصل از آن راهنمایی می‌شویم. از طرفی، بدلیل ممکن نبودن اندازه‌گیری مستقیم نیروهای وارد به عضلات، کمتر به آن پرداخته می‌شود.

راه دیگر برای اندازه‌گیری نیروهای داخلی عضلانی، استفاده از مدل عضلانی - اسکلتی است که به کمک آن می‌توان این نیروها را تخمین زد. این روش‌ها به دلیل تقریبات زیادی که به کار می‌گیرند، زیاد دقیق نیستند. از این رو نتایج به‌دست آمده توسط آن‌ها قابل استفاده نیست. برای مثال نیروهای تاندون آشیل را ۵ تا ۱۵ برابر وزن بدن و نیروی مربوط به قوزک پا را به صورت استخوان روی استخوان در حدود ۸/۷ تا ۱۴ برابر وزن بدن اندازه‌گیری کرده‌اند (۷ و

(۲). مدلی که نیروهای داخلی را پیشگویی می‌کند، نیروهای داخلی را  $4/7$  تا  $6/9$  برابر وزن بدن برای نیروی پلاتنار فاسیا به دست داده است (۷). متأسفانه برای نیروهای عضلانی منفرد در اعضای زیرتنه در هنگام دیدن اطلاعات بسیار کمی در دست است.

### روش پیشنهادی

برای اندازه‌گیری نیروی عکس‌العمل زمین، معمولاً از یک صفحه نیرو استفاده می‌شود (۵). همچنین می‌توان از *EMG* که به ۵ عضله پا متصل بوده و اطلاعاتش را از راه دور می‌فرستد نیز استفاده کرد (۵). در روش پیشنهادی، ابتدا مسافتی را که دوندۀ با سرعت ثابت می‌دود با استفاده از مطالعه سینماتیک معلوم می‌کنیم و سپس دوربین فیلم‌برداری را چنان قرار می‌دهیم که این مسافت را در دید داشته باشد. دوربین استفاده شده از نوع پاناسونیک *MP9000* با فرکانس ۲۵ هرتز بود که فاصله مناسبی از دوندۀ قرار می‌گرفت و دوندۀ را در حدود ۱۰ متر مسافت طی شده با سرعت ثابت در دید داشت. دوندگان شلوار استرج سفید به پا داشتند و مارکرهای سیاه روی قوزک، زانو و مفصل ران آنها نصب شده بود تا زوایای مختلف قرار گرفتن پا روی زمین به دست آید. زمان تماس پا با زمین شامل دو قسمت زمان ترمزی و زمان جهشی می‌شود که توسط دوربین با دقت  $0.04$  ثانیه اندازه‌گیری شد. علاوه بر آن، زمان پرواز هر گام نیز با همان دقت اندازه‌گیری شد. دو زمان اول این امکان را فراهم کرد تا با استفاده از فرمول‌های به دست آمده توسط شهبازی و همکاران (۸، ۹ و ۱۰) بعضی پارامترهای سینماتیکی - دینامیکی مانند نیروی ترمزی، نیروی جهشی، نیروهای عکس‌العمل زمین، زاویه مربوط به گام، مؤلفه عمودی سرعت که در تعیین نیروی عکس‌العمل زمین وارد به پای دوندۀ بسیار مؤثر است، معلوم شود.

این روابط عبارتند از:

$$F_R = Mg + (MV_Y) / \Delta t \quad (1)$$

که در آن  $F_R$  نیروی عکس‌العمل زمین،  $M$  جرم دوندۀ  $V_Y$  مؤلفه قائم سرعت و  $\Delta t$  زمان کل تماس پا با زمین است.

$$F_B = Mg + (MV_Y) / \Delta t_B \quad (2)$$

که در آن  $\Delta t_B$  زمان ترمزی و  $F_B$  نیروی ترمزی است.

$$F_P = Mg + (MV^2_Y) / 2h \quad (3)$$

که در آن  $h$  فاصله جابه جایی مرکز گرانش دوندۀ و  $F_P$  نیروی جهشی است.

$h$  جابه جایی مرکز گرانش نیز می تواند از رابطه زیر به دست آید (شهبازی و دیگران، ۸ و ۹):

$$h = \frac{1}{2} V_Y \cdot \Delta t_p \quad (4)$$

### نتایج و یافته های تحقیق

#### الف) سینماتیک

جدول ۱ زمان های مربوط به مسافت های طی شده توسط دوندۀ های تیم ملی را که با  $B$ ،  $C$ ،

$A$  نشان داده شده، همراه با سرعت و شتابشان، نشان می دهد.

جدول ۱ - زمان های به دست آمده و حداکثر سرعت ها و شتاب های مربوط

دونده ها	پارامترها	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
A	زمان	۱/۸۵	۲/۸۵	۳/۷	۴/۹	۵/۸۱	۶/۵۵	۷/۶۶	۸/۶	۹/۶۶	۱۰/۸۰
	سرعت	۸/۳۶	۹/۷۱	۱۰/۳۹	۱۰/۷۲	۱۰/۷۲	۱۰/۶۶	۱۰/۳	۹/۸۳	۹/۲۵	۸/۴۵
	شتاب	۱/۸	۰/۹۸	۰/۵۳	۰/۱۲	-۰/۰۹	-۰/۲۳	-۰/۴	-۰/۵۲	-۰/۶۲	-۰/۷۱
B	زمان	۱/۹۸	۴/۰۸	۳/۰۶	۵/۱۵	۵/۸۹	۶/۸۹	۷/۹	۹/۱۲	۹/۸۱	۱۱/۰۲
	سرعت	۸/۰۸	۱۰/۳۱	۱۰/۳۱	۱۰/۵۳	۱۰/۵۲	۱۰/۴	۱۰/۱۶	۹/۸۳	۹/۶۳	۹/۲۴
	شتاب	۲/۱۳	۰/۹۲	۰/۱۲	-۰/۰۵	-۰/۰۸	-۰/۱۸	-۰/۲۵	-۰/۲۹	-۰/۳	-۰/۳۱
C	زمان	۲/۱	۳/۳	۴/۴	۵/۴۰	۶/۵	۷/۵	۸/۵	۹/۶	۱۰/۶	۱۱/۶
	سرعت	۷/۶۳	۸/۷۴	۹/۲۷	۹/۵۵	۹/۷۴	۹/۸۱	۹/۸۲	۹/۷۵	۹/۶۳	۹/۴۵
	شتاب	۱/۳۳	۰/۶۳	۰/۳۶	۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۰۳	-۰/۰۲	-۰/۰۹	-۰/۱۴	-۰/۲۰

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، دوندۀ  $A$  در مسافت‌های ۵۰-۴۰ متر یا در زمان‌های بین  $۵/۸۱ - ۴/۹$  ثانیه، به سرعت ماکزیمم خود ( $۱۰/۷۹$  متر بر ثانیه) رسیده و توانسته حدود ۱۰ متر سرعت ماکزیمم خود را حفظ کند. دوندۀ  $B$ ، مسافت‌های بین ۵۰-۳۸ متر، یعنی حدود ۱۲ متر و در زمان‌های  $۵/۸۴ - ۵/۱$  ثانیه توانسته سرعت ماکزیمم خود ( $۱۰/۵۴$  متر بر ثانیه) را حفظ کند. دوندۀ  $C$  در فاصله ۷۰-۶۰ متر و بین زمان‌های  $۸/۵ - ۷/۵$  ثانیه سرعت ماکزیمم خود ( $۹/۸۲$  متر بر ثانیه) را حفظ کرده است.

آی و همکاران (۱) گزارش دادند که در سومین مسابقات جهانی دو و میدانی که در توکیو برگزار شد، گروهی از فینالیست‌ها (۳۳ نفر) بین مسافت‌های ۷۰-۶۰ متر به سرعت ماکزیمم خود رسیدند و آن را حفظ کردند. ۵ نفر بین ۸۰-۷۰ متر به سرعت ماکزیمم رسیدند که بندرت می‌توان بین دوندگان نخبه آن را مشاهده کرد. در ضمن یک گروه ۱۹ نفری نیز در مسافت‌های ۵۰-۴۰ متری سرعت ماکزیمم خود را حفظ کردند. بنابراین دو نفر از سه نفر دوندۀ نخبه ایرانی ( $CA$ ) توانستند در مسافت‌های بین ۵۰-۴۰ متر به سرعت ماکزیمم برسند و آن را حفظ کنند که با گروه دوم مسابقات جهانی توکیو تطابق دارد. اما سرعت آن‌ها با یکدیگر قابل مقایسه نیست. این اختلاف سرعت می‌تواند ناشی از کمبود انرژی و ضعیف در تکنیک یا تواتر گام باشد.

دوندۀ  $B$  در مسافت‌های بین ۸۰-۷۰ متری به سرعت ماکزیمم خود رسید اما سرعت او بسیار کم است. به نظر می‌رسد با صرف انرژی بیشتر و تصحیح تواتر گام و طول گام بتواند به سرعت خود بهبود بخشد. شکل‌های ۳، ۴ و ۵ منحنی تغییرات سرعت و شتاب را برحسب زمان نشان می‌دهند. شکل‌های ۶ و ۷ سرعت‌ها و شتاب‌ها را برای دوندگان مختلف جهت مقایسه نشان می‌دهند. همان‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود، دوندۀ  $C$ ، مسافت بیشتری را با شتاب مثبت می‌دود اما به طور کلی شتاب کمتری در مقایسه با دوندگان دیگر اعمال کرده است.

### ب) دینامیک

در جدول ۲، طول گام، تواتر گام، زمان‌های مربوط به تماس پا با زمین، ترمزی، جهشی و پرواز، زاویه مرکز ثقل و مؤلفه قائم سرعت ارائه شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود، زمان‌های ترمزی و جهشی به نسبت به ترتیب ۴۳ و ۵۷ درصد زمان تماس پا با زمین در نظر

گرفته شده است.

جدول ۲ - طول گام، تواتر گام، زمان‌های پرواز، ترمزی، جهشی، کلی، زاویه مرکزگرانش و

مؤلفه قائم سرعت

دونده‌ها	طول گام کلی (m)	طول گام مؤثر (m)	تواتر گام (ms)	زمان پرواز (ms)	زمان تماس (ms)	زمان ترمزی (ms)	زمان جهشی (ms)	زاویه مرکزگرانش درجه	مؤلفه قائم (m/s)
A	۲/۳۵	۱/۳۴	۴/۶	۱۲۷	۹۹	۴۲/۵۷	۵۶/۴۳	۳/۴۵	۰/۶۵
B	۲/۱۸	۱/۲۴	۴/۸۴	۱۱۵	۱۱۲	۵۳/۹۴	۶۳/۸	۳/۱	۰/۵۷
C	۱/۹۵	۱/۱۱	۵/۰۴	۱۰۷	۱۱۵	۴۹/۴۵	۶۰/۹۵	۲/۹۵	۰/۵۱

در جدول ۳، جا به جایی قائم مرکز ثقل، شتاب متوسط ترمزی و جهشی و همچنین نیروهای متوسط و حداکثر جهشی و ترمزی داده شده است. نیروی عکس‌العمل اساساً به سرعت دونده و جرمش بستگی دارد، در حالی که نیروهای جهشی و ترمزی به جا به جایی عمودی مرکز گرانش و به طور کلی به طول قامت دونده بستگی دارد. نیروی ترمزی همیشه بزرگتر از نیروی جهشی است و مسئول صدمات مفاصل ران، زانو و مچ پا است.

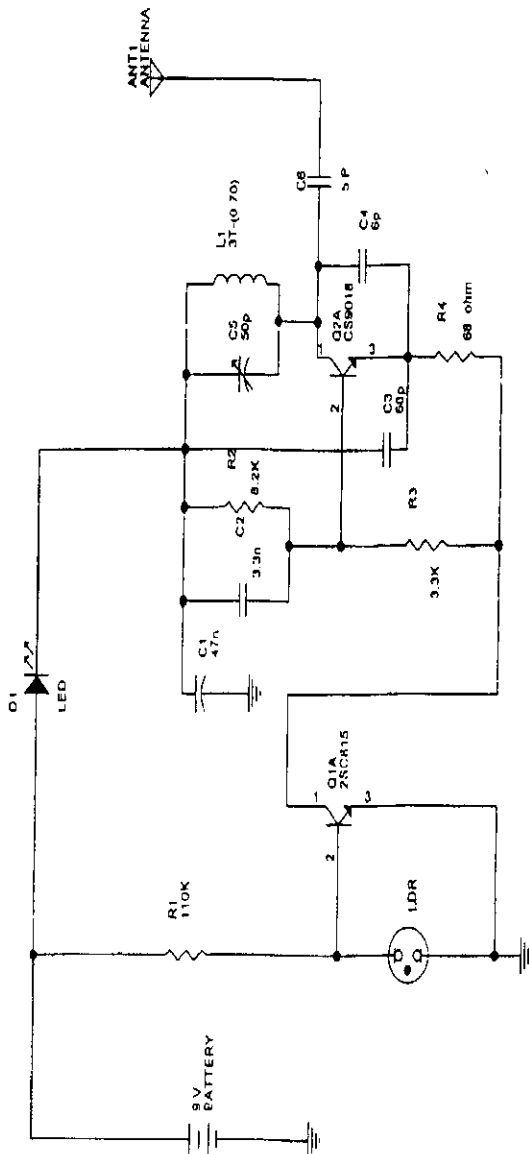
جدول ۳. جا به جایی قائم مرکز گرانش، شتاب‌های متوسط و حداکثر، نیروهای ترمزی، جهشی

و عکس‌العمل متوسط و حداکثر

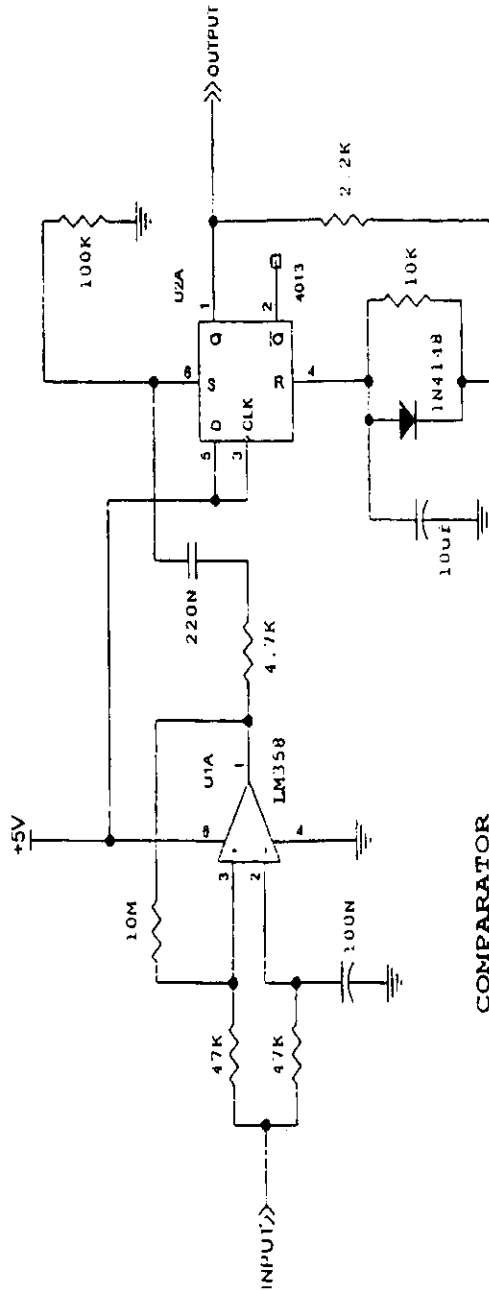
دونده‌ها	جا به جایی (M)CG		شتاب (M) CG		نیروی عکس‌العمل (N)		نیروی ترمزی (N)		نیروی جهشی (N)	
	ترمزی	جهشی	ترمزی	جهشی	متوسط	ماکزیم	متوسط	ماکزیم	متوسط	ماکزیم
A	-۰/۱۸	+۰/۲	-۱۵/۲۶	۱۱/۵۳	۲۲۱۲	۱۷۳۵	۱۸۹۴	۳۰۲۰	۱۶۱۴	۲۴۷۸
B	-۰/۱۶	+۰/۱۸	-۱۰/۵۸	۸/۹۰	۱۰۸۶	۱۴۵۳	۱۴۸۱	۲۲۴۲	۱۳۶۳	۲۰۰۷
C	۰/۱۷	+۰/۱۹	-۱۰/۳	۷/۸	۱۰۸۳	۱۴۱۵	۱۵۲۲	۲۲۹۷	۱۳۳۳	۱۹۱۵



مقاومت هوا نقش کمتری در کار انجام شده در دویدن در مقایسه با ورزش‌های دیگر که در آن سرعت بیشتر است، مانند دوچرخه‌سواری، اسکیت سریع و اسکی بازی دارد. با وجود این معلوم شده (۶) که مصرف اکسیژن اضافی مصرفی، هنگامی که دویدن مخالف باد انجام می‌گیرد متناسب با مجذور سرعت باد افزایش پیدا می‌کند. همچنین معلوم شده انرژی لازم برای غلبه بر مقاومت هوا در دوهای سرعت با سرعت ۶ متر بر ثانیه، حدود ۸ درصد و با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه، حدود ۱۶ درصد است. دویدن به دنبال دیگر رقیبان باعث می‌شود که مقاومت هوا و انرژی مصرفی کاهش پیدا کند (۴). این کاهش مقاومت هوا بسته به اینکه چقدر نزدیک رقیب جلویی دویده باشد می‌تواند از ۴۰ تا ۸۰ درصد کاهش پیدا کند و مصرف اکسیژن مصرفی را نیز از ۳ تا ۶ درصد کاهش دهد (۳، ۴ و ۶).



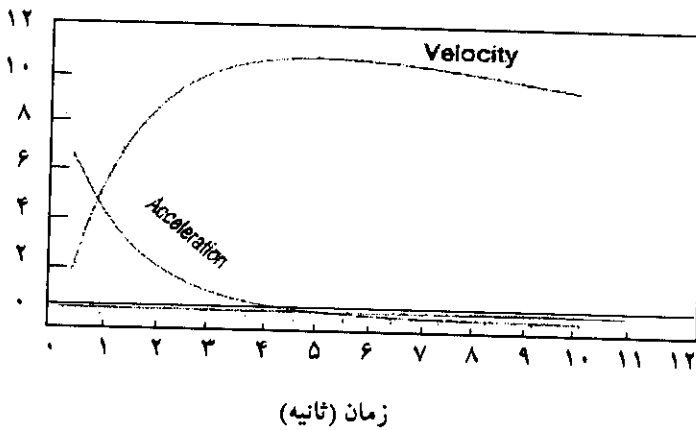
شکل ۱- مدار فرستنده طراحی شده LDR فتوالکترونیک است که با ترانزیستور 815 25C کار کلید را انجام می دهد.



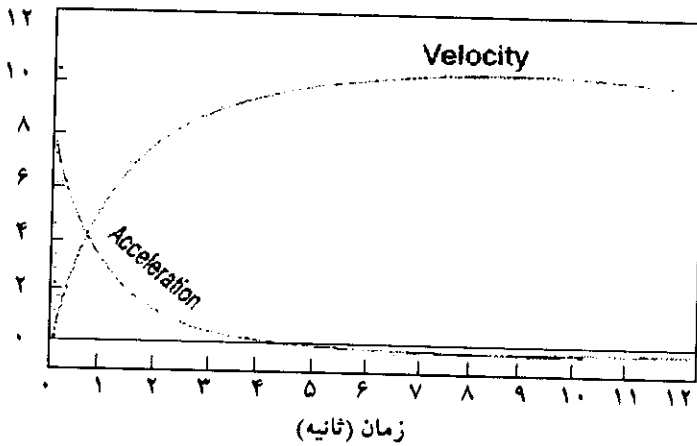
MONOSTABLE

COMPARATOR

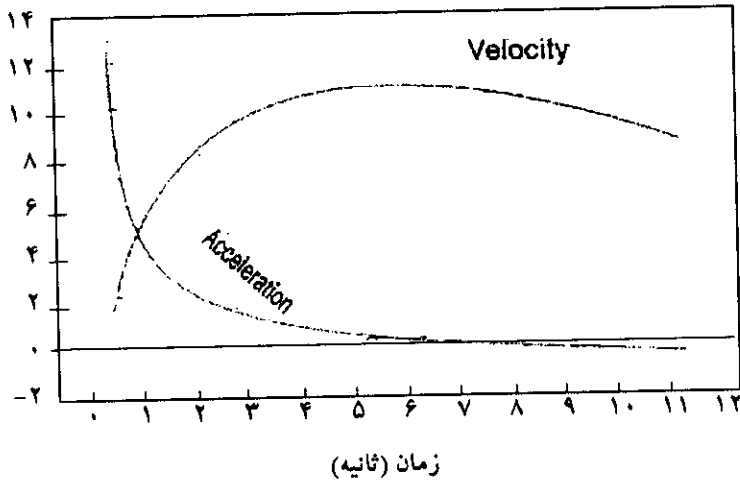
شکل ۲- مدار مقایسه کننده و منواستابل که سیگنال مناسب را برای لب - تاپ فراهم می کند.



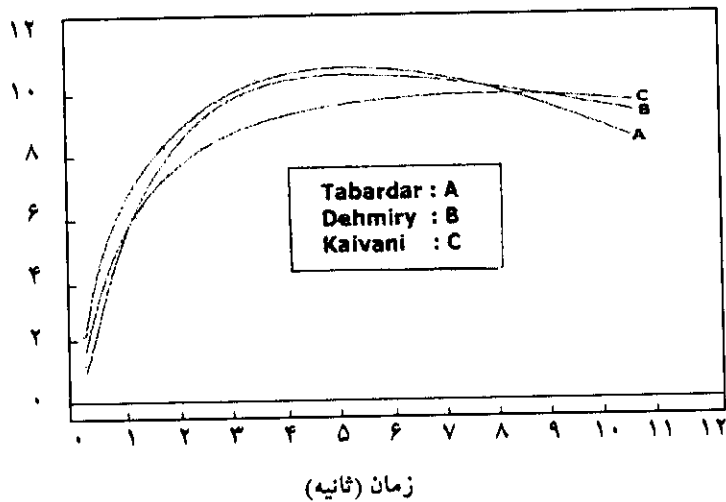
شکل ۳- تغییرات سرعت و شتاب بر حسب زمان برای دونه A



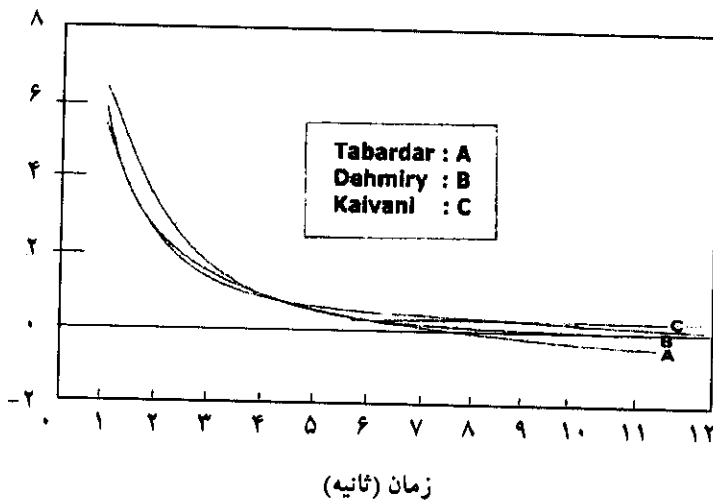
شکل ۴- تغییرات سرعت و شتاب بر حسب زمان برای دونه B



شکل ۵- تغییرات سرعت و شتاب بر حسب زمان برای دونه C



شکل ۶- مقایسه سرعت دونه‌های A و B و C



شکل ۷- مقایسه شتاب‌های دونده‌ای A و B و C

### بحث و نتیجه‌گیری

روش پیشنهادی ساده بوده و کارایی آن قابل مقایسه با روش‌های گران‌قیمت است. این روش، مطالعات سینماتیکی و دینامیکی دونده‌ها را مقدور می‌سازد. برای مطالعه دینامیکی دونده‌ها، مطالعه سینماتیکی ضروری است تا بتوان از طریق منحنی مشخصات سرعت و شتاب دونده، ناحیه مطالعه مورد نظر را انتخاب کرد. در سرعت ماکزیمم دونده‌ها نیروهای عکس‌العمل زمین، ترمزی و جهشی و همچنین دیگر پارامترهای سینماتیکی مانند زاویه جهش همگام و مؤلفه قائم سرعت که برای تعیین نیروی عکس‌العمل زمین لازم است، به دست آمد. بعلاوه، نتایج دینامیکی می‌تواند همراه با اندازه‌های آنترپومتریکی پاها، متوسط نیروها و گشتاورهای وارد به مفاصل را نیز به دست دهد.

### قدردانی

این کار برای اولین بار در دنیا انجام گرفته و در بیستمین سمپوزیوم بین‌المللی ISBS در سال ۲۰۰۲ در اسپانیا ارائه شد، و از حمایت مالی شورای پژوهشی دانشگاه آزاد واحد لاهیجان

بهره‌مند شده که بدین وسیله قدردانی می‌شود.

### منابع و مآخذ

- 1- Ae,M., Ito, A., Suzuki, M. "The men's 100 meters". *New Studies in Athletics* 1992, 7, (1), PP: 47-52.
- 2- Burdett, R.G. "Forces predicted at the ankle during running". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1982, 14, PP: 308-316.
- 3- Davies, C.T.M. "Effects of wind assistance and resistance on the forward motion of a runner". *Journal of Applied Physiology*, 1980, 48, PP: 702-709.
- 4- Kyle, C.R. "Reduction of wind resistance and power output of racing cyclists and runners traveling in groups". *Ergonomics* 1979, 22, PP: 387-397.
- 5- Mero, A., Komi, P.V. "Biomechanics of sprint running". *A review. Sport Medicine* 1994, 13, PP: 376-392.
- 6- Pugh, L.G.C.E. "The influence of wind resistance in running and walking and the mechanical efficiency of work against horizontal or vertical forces". *Journal of Physiology* 1971, 213, PP: 255-276.
- 7- Scott, S.H and Winter, D.A. "Internal forces of chronic running injury sites". *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1990, 22, PP: 357-369.
- 8- Shahbazi, M.M. and Broojeni, N. "A new method for investigation of mechanical parameters in Long - Jump". In: *Proceedings of XVI Symposium on Biomechanics in Sports* (eds. H. Riehle and M. Vieten), 1998, PP: 128-132.
- 9- Shahbazi, M.M., Azari, A. and Hemmatinejad, M.A. "An investigation of forces, torques and work through biomechanical indirect measurements in Backward Somersault". In: *Proceedings of XVIII Symposium on Biomechanics in Sports* (eds. Y. Hong and D. John) . Chinese University of Hong Kong, 2000,

PP: 238-242

10- Shahbazi, M.M., Javashi, F. "An Electronic Telemetry System using a Lab-Top for Investigation of Kinematic and Kinetic Students of Sprinters". *Proceedings of XXth Symposium on biomechanics in sports (ed Gianikellis), University de extremadura, 2002, PP: 315-318.*

11- Viitasalo, J.T., and Korjus, T. "Messung der Abwurfsschwindigkeit und der Abwurfwinkels beim Speerwurf". *Leistungssport, 1987, 4, PP: 39-41.*

12- Viitasalo, J.T. and Korjus, T. "On-line measurement of kinematic characteristics for the Javelin". In: *Biomechanics XI. (eds. G. deGroot, A.P Hollander, P.A. Huijing, and G.L. van Ingen Schenau). Amesterdam: Free University Press. 1988, PP: 582-87.*

13- Viitasalo, J.T. Luhtanen, P., Mononen, H.V., Norvapalo, K., Paavolainen, L., Salonen, M. "Photocell contact mat: A new instrument to measure contact and Fight time in running". *Journal of Applied Biomechanics. 1997, 13, PP: 254-266.*