

## طراحی، ساخت و روان‌سنجی نرم‌افزار اندازه‌گیری عملکرد حرکت در تکالیف پیگردی

محمدتقی اقدسی<sup>۱</sup>، و امیر وزینی طاهر<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۶

### چکیده

در پژوهش حاضر، نرم‌افزار اندازه‌گیری عملکرد حرکت در تکالیف پیگردی با قابلیت محاسبه ریشه میانگین مجذور خطا، به‌عنوان یکی از مقیاس‌های مهم اندازه‌گیری خطا برای ارزیابی عملکرد حرکتی ارائه شده است. براساس شاخص‌های موردنظر پژوهش، نرم‌افزار رایانه‌ای با استفاده از زبان‌های برنامه‌نویسی سی، سی پلاس و نرم‌افزار متلب طراحی و ساخته شد. برای تعیین روایی سازه، ضریب همبستگی بین نتایج دستی و نتایج محاسبه‌شده توسط نرم‌افزار بررسی شد که ضریب همبستگی برابر با یک به‌دست آمد. همچنین از آزمودنی‌ها خواسته شد مسیر دایره‌ای، مربعی و مثلثی را در دستگاه پیگردی چرخان دنبال کنند که همبستگی برابر با ۰/۸۳ به‌دست آمد. این ابزار علاوه بر داشتن قابلیت‌های متنوع، از امتیاز سهولت کار برای استفاده پژوهشگران و کاربران با سطوح مختلف برخوردار است و برون‌داد آن بسیار دقیق است.

**کلیدواژه‌ها:** یادگیری و اجرای حرکتی، روایی، پایایی، تکلیف پیگردی، نرم‌افزار.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

۱. استاد دانشکده تربیت‌بدنی دانشگاه تبریز

۲. دکتری تربیت‌بدنی دانشگاه رازی کرمانشاه (نویسنده مسئول)

## مقدمه

ارزیابی جنبه‌های مختلف رفتار حرکتی فرد، متخصص حرکتی را قادر به بررسی تغییرات رشدی، تأخیرات رشدی و کسب آگاهی درمورد راهبردهای آموزشی می‌کند. آزمون‌های زیادی در این زمینه به صورت رسمی و غیررسمی وجود دارند. مهم‌ترین چالش پیش‌روی یک ارزیاب، تشخیص مناسب‌ترین شیوه و ابزار اندازه‌گیری برای فرد یا گروه مورد اندازه‌گیری است. یکی از موانع اساسی در راه انجام پژوهش‌های علوم حرکتی و ورزشی، کمبود امکانات و تجهیزات اعم از آزمایشگاهی و غیرآزمایشگاهی است (شریف‌نژاد و بهرام، ۲۰۰۵، ص. ۸۴). داده‌ها حاکی از این است که بسیاری از معلمان تربیت‌بدنی در سنجش مناسب رفتار حرکتی دانش‌آموزان خود ناموفق هستند. در این راستا، معلمان اعتقاد دارند که آزمون‌ها مشکل، زمان‌بر و گران هستند (پاین و ایساکس، ۲۰۱۷، ص. ۱۲۷).

در پژوهش‌های قبلی، چند دستگاه برای اندازه‌گیری عملکرد حرکت طراحی و ساخته شده‌اند؛ برای نمونه، شریف‌نژاد و بهرام (۱۳۸۴) دستگاهی را ارائه کردند که متغیرهای دخیل در اجرای یک الگوی حرکتی را به‌طور کلی اندازه‌گیری می‌کرد. طراحی این دستگاه با توجه به تعاریفی که از متغیرهای تأثیرگذار بر اجرای حرکت مانند پیچیدگی و اجزای تکلیف، زمان عکس‌العمل، زمان حرکت، زمان پاسخ، خطاهای زمانی و فضایی و زمان‌بندی قطعه‌ای وجود دارد، انجام شده است (شریف‌نژاد و بهرام، ۲۰۰۵، ص. ۱۶). همچنین، باقری کودکانی، لنجان نژادیان و حاج لطفعلیان (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان «طراحی، روایی و

پایایی سنجی نرم‌افزار محاسبه‌کننده کینماتیک حرکت با استفاده از پردازش تصویر» برای بررسی روایی و پایایی نرم‌افزار از ضریب همبستگی پیرسون و ضریب همبستگی درونی استفاده کردند که مقادیر بالاتر از ۰/۹۷ برای این دو ضریب به دست آمد. این نرم‌افزار دارای قابلیت‌های یافتن خودکار موقعیت مارکرها در تصاویر حاصل از دوربین‌های ویدئویی، امکان استفاده در فضای باز و پردازش تصاویر دوبعدی و سه‌بعدی است.

در سایر کشورها تلاش‌های زیادی برای ساخت ابزارهای اندازه‌گیری عملکرد حرکت انجام شده است؛ مانند کار تراواسوس<sup>۱</sup>، داویدز<sup>۲</sup>، آراخو<sup>۳</sup> و استوس<sup>۴</sup> (۲۰۱۳) که هدف آن طراحی الگوهای حرکتی مشابه بود که قبلاً توسط دستگاهی که به موانع ضربه می‌زد، ساخته شده بود. با این تفاوت که در این دستگاه به جای ضربه‌زدن به موانع و واژگون کردن آن‌ها، آزمون‌شونده باید با دست یک‌سری کلیدهای تلگراف را فشار می‌داد. این دستگاه قابلیت اندازه‌گیری زمان عکس‌العمل و زمان حرکت آزمون‌شونده را داشت (تراواسوس و همکاران، ۲۰۱۳، ص. ۹۴). در پژوهش جدیدی، سانودو<sup>۵</sup> و روئدا<sup>۶</sup> دل پوزو کروز<sup>۷</sup>، دی هویو<sup>۸</sup> و کاراسکو<sup>۹</sup> (۲۰۱۶) به روایی سنجی یک بسته نرم‌افزاری برای کمی‌سازی سرعت حرکت در تمرینات مقاومتی پرداختند. ارزیابی‌های این پژوهش روی دو سیستم کینماتیک پرس سینه انجام شد. ضریب همبستگی بین طبقه‌ای برای داده‌های سرعت هالتر و کینماتیک به دست آمده از تحلیل ویدئویی، بالا بود. این مطالعه میزان بالایی روایی هم‌زمان را گزارش کرد.

6. Sanudo
7. Rueda
8. del Pozo-Cruz
9. de Hoyo
10. Carrasco

1. Payne & Isaacs
2. Travassos
3. Davids
4. Araújo
5. Esteves

استفاده از این نرم‌افزار برای ارزیابی تغییرات سرعت بار تمرین در تمرینات مقاومتی توصیه می‌شود.

باوجود کارهای ذکرشده، درزمینه تولید نرم‌افزارهای ارزیابی رفتار حرکتی در داخل و خارج از کشور نمونه‌های زیادی یافت نشدند؛ البته تاکنون نرم‌افزارهای متعددی برای ثبت اطلاعات بازی‌های دسته‌جمعی در رشته‌های فوتبال، بسکتبال، والیبال، هندبال و سایر رشته‌های ورزشی طراحی شده‌اند و هر سال ویرایش پیشرفته‌تر آن‌ها به بازار عرضه می‌شود (سهرابی، ۲۰۱۲، ص. ۱۱۸؛ اکگرن؛ گابه<sup>۲</sup> و فینچ<sup>۳</sup>، ۲۰۱۶، ص. ۶۲؛ پرادو<sup>۴</sup>؛ فرنانی<sup>۵</sup> و داسیلوا<sup>۶</sup>، ۲۰۱۷، ص. ۶۱). علاوه بر آن، بسیاری از دستگاه‌های آزمایشگاهی در تربیت‌بدنی، از یک نرم‌افزار مخصوص برای تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده استفاده می‌کنند که این نرم‌افزارها خاص آن دستگاه‌ها طراحی شده‌اند (شریف‌نژاد و بهرام، ۲۰۰۵، ص. ۸۳)؛ اما در حیطه‌های تخصصی از جمله یادگیری و کنترل حرکتی فقدان نرم‌افزارهای ویژه آن‌ها مشهود است؛ بنابراین، برای کمک به پژوهش‌های موردنظر در این حیطه‌ها و نیز توسعه همه‌جانبه آن‌ها به نرم‌افزارهای ارزیابی عملکرد حرکتی نیاز است.

عملکرد حرکتی می‌تواند با استفاده از تکالیف ردیابی به‌طور کارآمدی ارزیابی شود (میال و جنکینسون<sup>۷</sup>، ۲۰۰۵، ص. ۱۸۱). دستگاه‌های ردیابی‌ای که تاکنون ساخته شده‌اند، در سنجش عملکرد حرکتی در شرایط مختلف استفاده شده‌اند. پژوهشگران پیشنهاد داده‌اند که رایانه می‌تواند هدایت محرک را در تکالیف ردیابی تسهیل کند و نیز عملکرد فرد را در آزمایش‌های مبتنی بر تکالیف ردیابی ثبت و نگهداری کند؛ از این‌رو، به

سیستم رایانه‌ای منعطفی نیاز است که با کمک آن بتوان آزمایش‌های ردیابی را در تکالیفی با شرایط متنوع انجام داد و نتایج را ذخیره کرد (هونگ<sup>۸</sup>؛ ۲۰۱۵، ص. ۷۵۰). در ساده‌ترین شکل می‌توان ردیابی را به‌عنوان «مسئله تخمین مسیر حرکت یک شیء که درمقابل دیدگان فرد حرکت می‌کند» تعریف کرد. در موقعیت‌های مجازی، فرد تعقیب‌کننده به‌طور مستمر محل شیء موردردیابی را که در قطعه‌های ویدئو می‌بیند، ثبت می‌کند. به‌علاوه، بسته به زمینه موردنظر، فرد می‌تواند اطلاعات شیء-محور را جمع‌آوری کند؛ از جمله جهت، محل یا شکل شیء؛ بنابراین، فرد از دانش خود در مورد اینکه شیء در قطعه قبلی کجا بوده استفاده می‌کند تا قطعه جاری را پیش‌بینی کند و جست‌وجوی خود را آسان کند (گراتون و جونز<sup>۹</sup>؛ ۲۰۱۴، ص. ۷۹).

از جمله ارزیابی‌های مهم عملکرد حرکت، اندازه‌گیری خطا است. میزان خطای شخصی به‌عنوان یکی از نتایج اجرای مهارت، جایگاه مهمی در پژوهش‌های مربوط به اجرای فرد دارد (کاشف، ۲۰۰۳، ص. ۹۳؛ مگیل و اندرسون<sup>۱۰</sup>؛ ۲۰۰۷، ص. ۳۱۹). در مهارت‌هایی که دقت هدف عمل است، مقیاس اندازه‌گیری خطا کمک می‌کند که فرایند ارزیابی اجرا امکان‌پذیر شود؛ مانند راه‌رفتن درطول مسیری معین و رانندگی کردن با اتومبیل که به ایجاد حرکاتی نیاز دارند که مستلزم دقت فضایی یا زمانی است. ارزیابی نتیجه اجرای این نوع مهارت‌ها میزان خطای فرد را مشخص می‌کند که مقیاس معناداری برای اندازه‌گیری اجرا است (اشمیت

- 
6. da Silva
  7. Miall & Jekinson
  8. Hong
  9. Gratton & Jones
  10. Magil & Anderson

- 
1. Ekegren
  2. Gabbe
  3. Finch
  4. Prado
  5. Fernani

علاوه بر سنجش میزان خطا در اعمال تک‌بعدی و دوبعدی، خطای مهارت‌های مداوم نیز قابل‌اندازه‌گیری است. مهارت‌های حرکتی مداوم به دقت نیاز دارند؛ به‌عنوان مثال، اجرای فردی را که باید در طول مسیر مشخصی راه برود، می‌توان با اندازه‌گیری زمان باقی‌ماندن او در مسیر اندازه‌گیری کرد (توماس، نلسون و سیلورمن؛<sup>۱</sup> ۲۰۱۱، ص. ۳۶۵). مقیاس اندازه‌گیری خطا در این نوع مهارت‌ها باید با مقیاس‌هایی که برای سنجش اجرای مهارت‌های مجرد استفاده می‌شوند، تفاوت داشته باشد. یک نمره متداول خطا در مهارت‌های مداوم، ریشه میانگین مجذور خطا است که می‌توانیم آن را به‌عنوان خطای مطلق تکلیف مداوم در نظر بگیریم. ریشه میانگین مجذور خطا<sup>۱۱</sup> از طریق تعیین میزان خطای بین منحنی جابه‌جایی حاصل از اجرای پیگردی آزمودنی و منحنی جابه‌جایی مسیر ملاک محاسبه می‌شود (اشمیت و لی، ۲۰۱۳، ص. ۵۲۶). محاسبه واقعی ریشه میانگین مجذور خطا بسیار پیچیده است و به برنامه ویژه رایانه‌ای نیاز دارد که بتواند وضعیت آزمودنی را نسبت به مسیر ملاک در هر زمان مشخص اندازه‌گیری و ثبت کند. به‌همین منظور، در پژوهش حاضر سعی داریم برنامه رایانه‌ای ویژه‌ای را برای اندازه‌گیری و ثبت دقیق ریشه میانگین مجذور خطا در مهارت‌های مداوم طراحی کنیم که علاوه بر ارائه نتایج معتبر از سهولت بیشتری در اندازه‌گیری ریشه میانگین مجذور خطا برخوردار باشد.

و لی؛<sup>۱۳</sup> ۲۰۱۳). مقیاس‌های اندازه‌گیری خطا تنها ارائه‌دهنده شاخص‌های دقت اجرا نیستند. بعضی از انواع مقیاس‌های اندازه‌گیری خطا اطلاعاتی را درباره علل احتمالی مشکلات اجرا نیز در اختیار می‌گذارند. این مطلب به‌خصوص در مواقعی درست است که اجرای مربوط به بیش از یک کوشش ارزیابی می‌شود؛ به‌عنوان مثال، مربی قادر است مشخص کند که خطای یک مهارت حرکتی در نتیجه مشکلات مربوط به همسانی<sup>۲</sup> است یا سوگیری<sup>۳</sup> (اشمیت و ریسرگ،<sup>۴</sup> ۲۰۰۸، ص. ۱۶۴).

سنجش خطای عملکرد هم در اعمال یک‌بعدی و هم در اعمال دوبعدی قابل‌اندازه‌گیری است. در اعمال یک‌بعدی، یک جنبه از مهارت حرکتی به موازات زنجیره گسترده‌ای از اعمال بررسی می‌شود. همچنین، الگوهای دوبعدی طبقه‌بندی مهارت‌های حرکتی به‌طور کامل‌تری می‌توانند حرکات انسان را توصیف کنند. این الگوها ابزار مناسبی را برای بررسی حرکات در حال اجرا، از حرکات ساه به حرکات پیچیده و حرکات کلی به جزئی ارائه می‌دهند (اشمیت و ریسرگ،<sup>۵</sup> ۲۰۰۸، ص. ۱۲۰). حداقل سه مقیاس اندازه‌گیری برای تعیین نظر کلی درباره میزان موفقیت در دست‌یافتن به هدف وجود دارد. خطای مطلق<sup>۶</sup> که اختلاف مطلق بین اجرای واقعی در هر کوشش و هدف است. خطای ثابت<sup>۷</sup> یا انحراف از هدف که دارای علامت مثبت یا منفی است و خطای متغیر<sup>۸</sup> که انحراف معیار خطاهای ثابت فرد است و همسانی اجرا را در یک‌سری کوشش می‌سنجد (ولف و اشمیت؛<sup>۹</sup> ۱۹۹۷، ص. ۹۸۶).

7. Variable Error (VE)
8. Wulf & Smith
9. Pursuit task
10. Thomas, Nelsoon & Silverman
11. RMSE

1. Smith & Lee
2. Consistency
3. Bias
4. Schmidt & Wrisberg
5. Absolute Error (AE)
6. Constant Error (CE)

## روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش حاضر که برای اندازه‌گیری ریشه میانگین مجذور خطا در تکالیف پیگردی انجام می‌شود و به توصیف خطای آزمودنی می‌پردازد، از نوع توصیفی است و به صورت پژوهش برای توسعه است.

## جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری پژوهش حاضر متشکل از دانشجویان دانشگاه‌های شهر تهران در گروه سنی ۱۸ تا ۳۰ سال بود که به لحاظ بینایی و حرکتی عاری از هرگونه مشکلی بودند و هیچ‌گونه تجربه قبلی در انجام تکالیف پژوهش نداشتند (به تعداد ۱۲۰۰۰ نفر). نمونه آماری پژوهش ۴۰ نفر از افراد جامعه موردنظر پژوهش بودند (با میانگین سنی ۲۲/۶۰) که با روش تصادفی طبقه‌ای نسبتی از بین آن‌ها انتخاب شدند. این تعداد نمونه براساس پژوهش‌های قبلی در نظر گرفته شدند. حوه انتخاب نمونه‌ها بدین صورت بود که ابتدا چهار دانشگاه شهید رجایی، تربیت مدرس، شاهد و امیرکبیر انتخاب شدند و در این دانشگاه‌ها فراخوانی برای شرکت در طرح پژوهشی اعلام شد که نزدیک ۲۰۰ نفر اعلام آمادگی کردند. پس از اینکه افراد داوطلب شناسایی شدند و اطلاعات تماس آن‌ها ثبت شد، از هر دانشگاه ۱۰ نفر به طور تصادفی انتخاب شدند. سپس، این افراد برای انجام آزمون‌های پژوهش به محل پژوهش که همان سالن ورزشی دانشگاه محل تحصیل آن‌ها بود، فراخوانده شدند. در همه آزمودنی‌ها ارزیابی سلامتی انجام شد و از نبود مشکلات جسمانی - حرکتی در آن‌ها (مانند بیماری‌ها، آسیب‌های اسکلتی یا نقص بینایی که در انجام تکالیف پژوهش محدودیت ایجاد می‌کنند) اطمینان حاصل شد. سپس، فرم اطلاعات فردی در اختیار آن‌ها قرار داده شد و از آن‌ها خواسته شد وجود هرگونه مشکل سلامتی را که از دید پژوهشگر پنهان

مانده است، ثبت کنند. در نهایت، گواهی رضایت آگاهانه از همه افراد دریافت شد.

## فرایند ساخت نرم‌افزار

گروه برنامه‌نویس رایانه‌ای برای ساخت و طراحی نرم‌افزار ذکر شده مختصات و ویژگی‌های کاربردی آن را از پژوهشگر دریافت کردند و نسبت به نوشتن برنامه مخصوص اقدام کردند. ابزار اصلی موردنیاز برای برنامه‌نویسی و ساخت نرم‌افزار موردنظر این طرح، یک دستگاه رایانه مجهز به سیستم عامل لینوکس و نرم‌افزارهای برنامه‌نویسی با زبان C، ++C و متلب<sup>۱</sup> است. همچنین، برای ثبت نتایج عملکرد آزمودنی‌ها در تکالیف نرم‌افزار، به یک دستگاه رایانه با سیستم عامل ویندوز نیاز بود که نرم‌افزار طراحی شده روی آن نصب شده باشد. برای سنجش روایی نرم‌افزار، ابتدا از نتایج عملکرد آزمودنی‌ها پرینت تهیه شد و همبستگی بین محاسبه دستی و محاسبه خودکار توسط نرم‌افزار بررسی شد. همچنین، برای تعیین روایی هم‌زمان این ابزار، از آزمودنی‌ها خواسته شد تکالیف پیگردی را با دستگاه پیگردی چرخان نیز انجام دهند. بدین منظور، از دستگاه پیگردی چرخان فتوالکتریک مدل A 30014 ساخت شرکت لافایت آمریکا استفاده شد.

## نحوه تعیین روایی و پایایی

برای تعیین روایی ابزار اندازه‌گیری موردنظر، از روایی سازه و روایی هم‌زمان استفاده شد. به همین منظور، ۴۰ نمونه پژوهش تکلیف موردنظر را در ۱۵ ثانیه انجام دادند. از این طریق برای هر فرد ۲۰ امتیاز توسط نرم‌افزار محاسبه شد. سپس، از عملکرد آزمودنی‌ها یک نسخه چاپی تهیه شد و امتیازات آن‌ها به صورت دستی محاسبه شد. ضریب همبستگی بین امتیازات محاسبه شده توسط نرم‌افزار رایانه‌ای و محاسبه دستی، بیانگر ضریب روایی سازه است (تیموری و همکاران،

کامپیوتر انتقال داده می‌شود و با اجرای این فایل صفحه‌ای باز می‌شود که با استفاده از گزینه‌های روی آن نرم‌افزار در حافظه کامپیوتر نصب می‌شود و میان‌بری برای دسترسی سریع به نرم‌افزار در صفحه کار کامپیوتر ایجاد می‌شود. پس از اجرای نرم‌افزار صفحه‌ای باز می‌شود که مربوط به تنظیمات تکلیف

است. این تنظیمات عبارت‌اند از: زاویه مسیر، فاصله بین نقاط ارزیابی، سرعت، تأخیر حرکت، شتاب، ثبت ریشه میانگین مجذور خطا در هر یک میلی‌ثانیه و تعداد گره‌ها. پس از انجام تنظیمات دلخواه، با فشار دادن دکمه بازی کاربر وارد صفحه اجرای تکلیف می‌شود. در این صفحه، یک آیکن انیمیشنی در وسط صفحه موجود است که به حرکت دادن موشواره حساس است و با حرکت نشانگر موشواره روی آن شروع به حرکت می‌کند.

در آغاز تکلیف، واژه «متوقف»<sup>۳</sup> روی صفحه مشاهده می‌شود. با رساندن اشاره‌گر موشواره به روی آیکن مرکزی، تصویر این آیکن شروع به حرکت می‌کند. نحوه حرکت آیکن غیرقابل پیش‌بینی است و کاربر باید دایره قرمزی را که به جای نشانگر فعال می‌شود، روی آیکن قرار دهد. کاربر باید تلاش کند که در تمام طول مسیر آیکن را در مرکز نشانگر حفظ کند. در تمام مدت، انجام تکلیف در پایین صفحه اطلاعات زیر به‌طور هم‌زمان ارائه می‌شود: تعداد ثبت‌های انجام‌شده توسط نرم‌افزار، زمان طی‌شده و میانگین ریشه میانگین مجذور خطا.

آزمودنی باید با دستور آزمون گیرنده نشانگر موشواره را از روی آیکن کنار بکشد تا زمان متوقف شود. پس از متوقف شدن تکلیف، آزمونگر با مراجعه به منوی بازی، گزینه توقف و مشاهده گزارش را انتخاب می‌کند. در این حالت، منوی گزارش عملکرد آزمودنی در یک

۲۰۱۲، ص. ۲۳۳). همچنین، روایی هم‌زمان ابزار از طریق سنجش همبستگی بین عملکرد در تکلیف ردیابی با نرم‌افزار و تکلیف ردیابی در دستگاه پیگردی چرخان محاسبه شد. تکلیف موردنظر در دستگاه پیگردی چرخان به شکل دایره، مربع و مثلث و درجهت عقربه‌های ساعت با سرعت ۲۰ دور در دقیقه انجام شد. زمان هر کوشش ۱۵ ثانیه و استراحت بین کوشش‌ها ۳۰ ثانیه در نظر گرفته شد (کورل و جوکندراپ، ۲۰۰۸، ص. ۳۱۵).

برای به‌دست‌آوردن پایایی از روش پایایی بازآزمایی استفاده شد. آزمودنی‌ها دو نوبت و در هر نوبت یک کوشش را انجام دادند. زمان کوشش‌ها ۱۵ ثانیه در نظر گرفته شد. ضریب همبستگی میانگین امتیازات هر فرد در دو بار آزمون به‌عنوان ضریب پایایی ابزار اندازه‌گیری در نظر گرفته شد. فاصله بین دو بار آزمون بیش از ۴۸ ساعت بود تا اثرهای احتمالی ناشی از آزمون اول از بین رود (اشمیت و ریسبرگ، ۲۰۰۴، ص. ۶۴۱).

### تجزیه و تحلیل آماری

از شاخص‌های آمار توصیفی (میانگین، فراوانی و درصد) و نمودارها و جداول برای توصیف مشخصات آزمون و آزمودنی‌ها استفاده شد. محاسبه ضریب روایی و پایایی ابزار اندازه‌گیری ذکر شده از طریق محاسبه ضریب همبستگی پیرسون انجام شد. همه عملیات آماری با نرم‌افزار آماری اس.پی.اس.اس.<sup>۲</sup> (نسخه ۲۲) در ویندوز ۱۰ انجام شد.

### یافته‌ها

#### توصیف ویژگی‌های نرم‌افزار

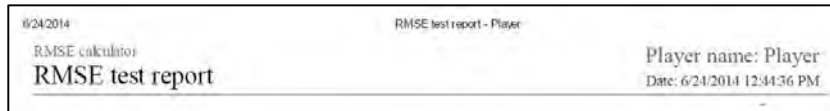
فایل نصب نرم‌افزار که یک فایل با پسوند اجرایی (exe) است، با استفاده از یک حافظه جانبی به حافظه

3. Paused

1. Currel & Jeukendrup  
2. SPSS

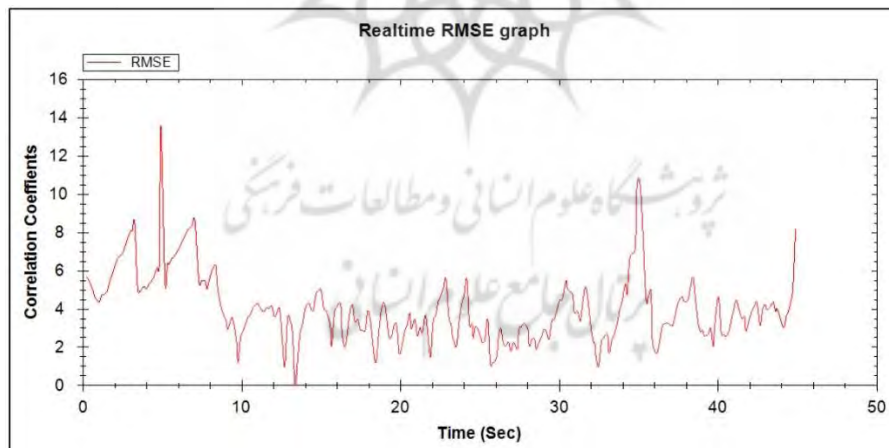
### نحوه تهیه گزارش

صفحه جدید باز می‌شود. در این منو، چهار گزینه وجود دارند: ۱- پرینت گزارش؛ ۲- ذخیره گزارش؛ ۳- مشاهده گزارش؛ ۴- بازی جدید.



### شکل ۱. مشخصات آزمون و آزمودنی

- آزمونگر می‌تواند با فشار دادن دکمه مشاهده گزارش، جزئیات عملکرد آزمودنی را در یک صفحه وب مشاهده کند. این گزارش از چند بخش تشکیل شده است:
- مشخصات کامل شامل نام تکلیف، نام آزمودنی، تاریخ و زمان انجام تکلیف (شکل شماره یک):
- نمودار لحظه‌به‌لحظه ریشه میانگین مجذور خطا (شکل شماره دو):
- اطلاعات کلی تکلیف شامل کل زمان، کل نقاط ارزیابی، سختی تکلیف، سرعت تکلیف (شکل شماره سه):
- جزئیات عملکرد آزمودنی شامل میانگین کلی ریشه میانگین مجذور خطا و میانگین ریشه میانگین مجذور خطا در چهار ربع از کل زمان طی شده در تکلیف (شکل شماره چهار):
- نمودار میانگین ریشه میانگین مجذور خطا در چهار ربع از کل زمان (شکل شماره پنج).



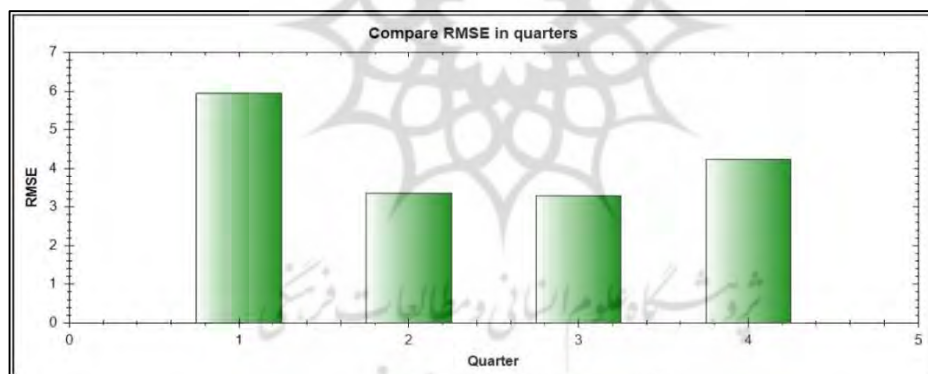
شکل ۲. نمودار لحظه‌به‌لحظه ریشه میانگین مجذور خطا

Total time : 44.95 Seconds
Total Checkpoints : 286
Game difficulty : 0.99
Game Speed : 833

شکل ۳. اطلاعات کلی تکلیف

Details				
Average: 4.36	Quarter 1: 5.94	Quarter 2: 3.36	Quarter 3: 3.28	Quarter 4: 4.24
	Adoption to average: 63.83%	Adoption to average: 77.06%	Adoption to average: 75.22%	Adoption to average: 97.22%

شکل ۴. جزئیات عملکرد در چهار ربع زمانی و کل زمان



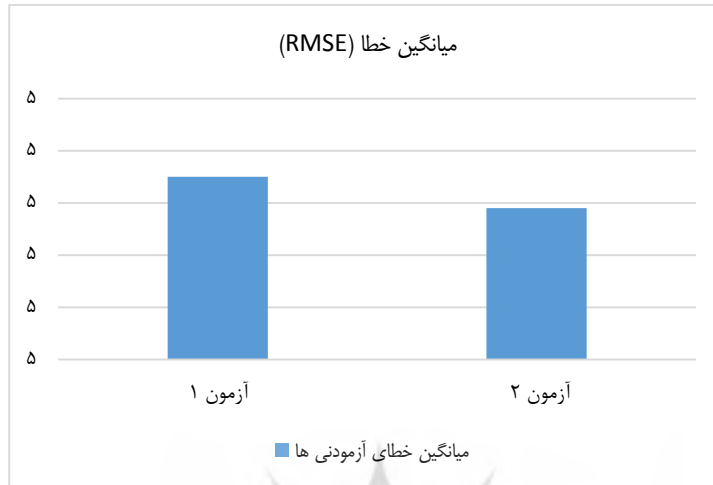
شکل ۵. نمودار میانگین ریشه میانگین مجذور خطا در چهار ربع از کل زمان

نمرات آزمودنی‌ها در نرم‌افزار ارزیابی عملکرد پیگیری و دستگاه پیگیری چرخان، در شکل‌های شماره یک و شماره دو نمایش داده شده است.

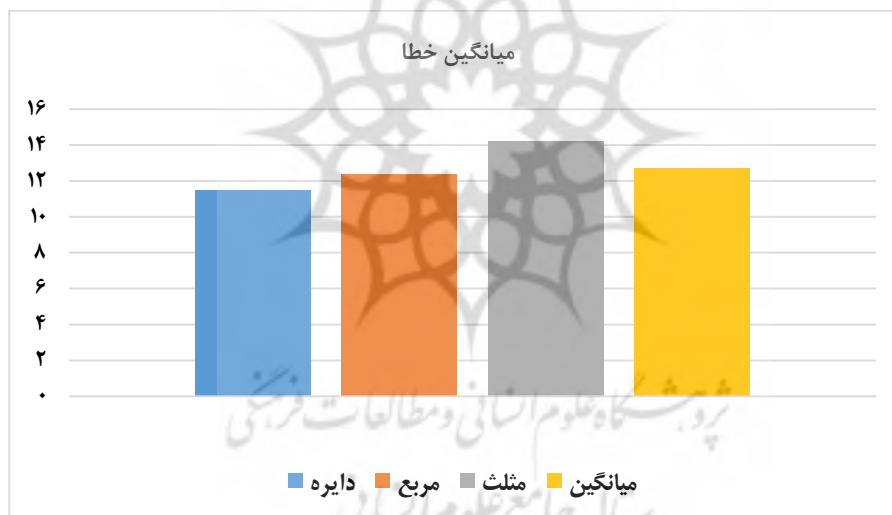
پس از مشاهده گزارش، آزمونگر می‌تواند با استفاده از کلیدهای ترکیبی C+P روی صفحه‌کلید کامپیوتر، پرینت گزارش را تهیه کند.

### توصیف نمرات آزمودنی‌ها





شکل ۶. نمرات آزمودنی‌ها در تکلیف ردیابی با نرم‌افزار



شکل ۷. نمرات آزمودنی‌ها در تکلیف ردیابی با دستگاه پیگردی چرخان

هم‌زمان، تکلیف ردیابی با دستگاه پیگردی چرخان در سه مسیر دایره، مربع و مثلث شکل انجام شد و میانگین نمرات فرد در تجزیه و تحلیل آماری وارد شد. همبستگی نتایج عملکرد هر فرد در این دستگاه با نتایج مربوط به نرم‌افزار ساخته شده در پژوهش بررسی شد تا روایی هم‌زمان به دست آید. همبستگی بین عملکرد در

### سنجش روایی نرم‌افزار

با استفاده از روش آماری ضریب همبستگی پیرسون، همبستگی بین نتایج دستی و نتایج محاسبه شده توسط نرم‌افزار بررسی شد. همبستگی بین نتایج دستی و عملکرد در نرم‌افزار برابر با یک بود. برای بررسی روایی

نرم‌افزار و عملکرد در دستگاه پیگردی چرخان برابر با ۰/۸۳ بود.

### سنجش پایایی نرم‌افزار

برای به‌دست‌آوردن پایایی از روش پایایی بازآزمایی استفاده شد. نتیجه روش آماری ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که بین دو بار شرکت آزمودنی‌ها در تکلیف پیگردی، ۰/۸۶ همبستگی وجود داشت که میزان همبستگی بالایی محسوب می‌شود.

### بحث و نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین اولویت‌های پژوهشی که همه ساله در سطح ورزش کشور توسط سازمان‌ها (از جمله پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی) مطرح می‌شود، توسعه ابزارها و فناوری‌های نوین برای ارزیابی عملکرد حرکتی است. در حوزه رفتار حرکتی، با توجه به جنبه‌های کاربردی زیاد این علم، به در نظر گرفتن نیازهای ضروری و ملزومات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری عملکرد حرکتی به‌عنوان مقوله‌ای اساسی باید توجه شود. طراحی چنین سیستم‌هایی علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی می‌تواند به توسعه علم رفتار حرکتی در کشور کمک کند و زمینه تولید محصولات دانش‌بنیان را در تربیت‌بدنی و علوم ورزشی فراهم آورد. در پژوهش حاضر به‌عنوان یک پژوهش پیش‌گام، به طراحی و ساخت نرم‌افزار سنجش عملکرد در تکلیف پیگردی اقدام شده است.

ابزارهای قبلی که برای ارزیابی عملکرد حرکتی ساخته شده‌اند (برای نمونه، شریف‌نژاد و بهرام، ۱۳۸۴، ص. ۸۳) نتوانسته‌اند پاسخگوی نیازهای پژوهشی در زمینه یادگیری و کنترل حرکتی باشند؛ به‌ویژه ارزیابی عملکرد در تکالیف پیگردی حیله‌ای بکر و تازه است. صادقی و حیدری (۱۳۸۹) دستگاهی را طراحی کردند تا اطلاعات تغییر موقعیت شناگران در دو صفحه ساجیتال و فرونتال ارزیابی شود. بخش نرم‌افزاری پژوهش

صادقی و حیدری با هدف پردازش تصاویر به‌دست‌آمده از دوربین طراحی شد. همچنین، اطلاعات به‌دست‌آمده از دوربین توسط نرم‌افزار ذخیره می‌شد و داده‌های مربوط به حرکت‌های کینماتیک شناگر ذخیره می‌شدند. در پژوهش صادقی و حیدری، در مورد برخی از موارد تأثیرگذار بر نتایج توضیحی داده نشده است؛ برای نمونه، در ارزیابی حرکات شناگران در آب، همواره به علت ایجاد حباب و موج شرایط نامطلوبی برای مشاهده نشانگرها توسط دوربین و ثبت داده‌ها به‌وجود می‌آید (چکان و همکاران، ۲۰۱۳، ص. ۴۳)؛ بنابراین، در برخی موارد دستکاری‌های پژوهشگر و ثبت‌نشدن خودکار تمامی داده‌ها اجتناب‌ناپذیر است؛ اما در پژوهش حاضر، برای ثبت داده‌های مربوط به تکلیف پیگردی هیچ‌گونه ثبت دستی انجام نشده است و همه فرایند ارزیابی و ثبت داده‌های مربوط به ریشه میانگین مجذور خطا توسط نرم‌افزار انجام شده است. همچنین، باقری کودکانی و همکاران (۱۳۹۵) پژوهشی را با هدف طراحی و اعتباریابی نرم‌افزاری کاربردی و ارزان‌قیمت برای محاسبه کینماتیک حرکت انجام دادند. با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان حرکت ورزشکاران را حین انجام مسابقه واقعی به‌صورت سه‌بعدی تحلیل کرد. از مزایای این نرم‌افزار نیازنداشتن به مارکرهای خاص است؛ زیرا، می‌تواند خود را با هر مارکری تطبیق دهد. در پژوهش حاضر نیز بر سهولت استفاده از نرم‌افزار توسط کاربر و هزینه‌تعمیر پایین تأکید زیادی شد که از این لحاظ با پژوهش‌های باقری کودکانی و همکاران (۱۳۹۵) و سانودو و همکاران (۲۰۱۶) مشابهت دارد.

از وجوه تمایز این پژوهش با کارهای قبلی انجام‌شده در این زمینه، ارزیابی خطای یک مهارت مداوم با روش دقیق و ثبت کمی نتایج است. همان‌طور که اشمیت (۲۰۰۸) بیان کرده است، علاوه بر سنجش میزان خطا در اعمال تک‌بعدی و دوبعدی، خطای مهارت‌های مداوم نیز عامل مهمی است که برای ارزشیابی آن در حیطه‌های یادگیری و کنترل حرکتی باید به‌صورت

پایایی ابزار اندازه‌گیری در نظر گرفته شد که برابر با ۰/۸۶ بود و نشان‌دهنده پایایی بالای این نرم‌افزار است. امکانات گرافیکی این نرم‌افزار موجب می‌شود پژوهشگر بتواند حتی بدون نیاز به دانش زیاد از کامپیوتر، به ثبت، ذخیره و تحلیل اطلاعات تکلیف پژوهش بپردازد. امکان ایجاد تنظیمات دلخواه در هریک از پارامترهای نرم‌افزار، از امتیازهای ویژه این برنامه است که موجب می‌شود کاربر در طراحی آزمون‌های تکلیف‌پیگردی و تنوع گزینه‌ها در زمینه سرعت، تعداد نقاط ارزیابی، سختی تکلیف، زمان تکلیف و غیره آزاد باشد. این امر باعث می‌شود که پژوهشگر بتواند با انجام تنظیمات دلخواه دست به انجام پژوهش‌های زیادی با محوریت تکلیف‌پیگردی بزند. این نرم‌افزار علاوه بر داشتن قابلیت‌های متعدد از این امتیاز برخوردار است که کار با آن برای کاربر آسان است و دارای ظاهر گرافیکی جذابی نیز است.

با توجه به نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌شود که در ارزیابی عملکرد شناختی و حرکتی ورزشکاران، به‌جای مشاهده عینی از روش‌های معتبرتر مانند به‌کارگیری ابزار معرفی شده در این پژوهش استفاده شود. همچنین، با توجه به اهمیت عملکرد ردیابی در رشته‌های مختلف ورزشی مانند تیراندازی، به اهداف پروازی و رشته‌های مشابه پیشنهاد می‌شود که در تمرینات ورزشکاران این رشته‌ها از نرم‌افزار ارزیابی عملکرد در تکالیف پیگردی استفاده شود تا به تقویت برخی جنبه‌های شناختی- حرکتی این افراد کمک شود.

در قلمروی اهداف پژوهش حاضر، تنها ساخت و سنجش روایی و پایایی نرم‌افزار قرار داشت؛ اما هنوز نمی‌دانیم در صورت ارائه انواع مختلف بازخورد (از جمله بازخورد زیستی) چه تغییری در نتایج حاصل می‌شود؛ بنابراین، انجام پژوهشی در این زمینه می‌تواند اطلاعات جدیدی در اختیار ما قرار دهد. نرم‌افزار ساخته شده در این پژوهش دارای قابلیت دستکاری در متغیرهای زیادی مانند شیب مسیر حرکت، سرعت، پیچیدگی و

کمی ثبت شود. مهارت‌های حرکتی مداوم به‌دقت نیاز دارند. مقیاس اندازه‌گیری خطا در این نوع مهارت‌ها باید با مقیاس‌هایی که برای سنجش اجرای مهارت‌های مجرد استفاده می‌شوند، تفاوت داشته باشند (ولف و اشمیت، ۱۹۹۷، ص. ۹۸۵). یک نمره متداول خطا در مهارت‌های مداوم، ریشه میانگین مجذور خطا است. در تکالیف پیگردی، اندازه‌گیری دقیق ریشه میانگین مجذور خطا همواره امر دشواری در علم یادگیری و کنترل حرکتی شناخته می‌شد (اشمیت و لی، ۲۰۱۳، ص. ۵۲۶) و نیاز به یک نرم‌افزار محاسباتی در این زمینه احساس می‌شد. در پژوهش حاضر، نرم‌افزاری طراحی و ساخته شد که بتواند ریشه میانگین مجذور خطا را به‌طور دقیق در اختیار پژوهشگر قرار دهد. با استفاده از این نرم‌افزار، دیگر نیازی به محاسبات سخت و پیچیده دستی نیست و پژوهشگر می‌تواند از درستی و دقت نتایج اطمینان کامل داشته باشد.

پس از طراحی و ساخت نرم‌افزار، گام بعدی برای به‌تأییدرساندن قابلیت استفاده از آن، بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی نرم‌افزار بود تا روایی و پایایی آن به‌طور علمی اثبات شود. به‌این‌منظور با استفاده از روش آماری ضریب همبستگی پیرسون، همبستگی بین نتایج دستی و نتایج محاسبه‌شده توسط نرم‌افزار بررسی شد تا روایی سازه این نرم‌افزار به‌دست آید. براساس یافته‌های پژوهش حاضر، مقدار ضریب همبستگی برای روایی سازه نرم‌افزار سنجش عملکرد در تکلیف پیگردی برابر با یک مشخص شد. سپس، برای تعیین روایی هم‌زمان، آزمودنی‌ها تکلیف ردیابی را با دستگاه پیگردی چرخان که در پژوهش‌های قبلی برای سنجش مهارت ردیابی مفید بوده‌اند، اجرا کردند. در این دو تکلیف، همبستگی بین نمرات آزمودنی‌ها برابر با ۰/۸۳ بود که نشان‌دهنده روایی هم‌زمان مناسب است. در نهایت، ضریب همبستگی میانگین امتیازات هر فرد در دو بار آزمون با نرم‌افزار نیز به‌عنوان ضریب

بینایی در یادگیری مهارت، ارزیابی حافظه تصویری و امثال این‌ها (ولف، شی و لیوتوایت؛ ۲۰۱۰).  
 در مجموع، طراحی و ساخت نرم‌افزار اندازه‌گیری عملکرد حرکت در تکالیف پیگردی، براساس بررسی دقیق دستگاه موجود انجام گرفت و ویژگی‌هایی در آن گنجانده شدند که بتوانند ارزیابی عملکرد در تکالیف پیگردی را به‌طور دقیق و با محاسبه میزان خطا به شکل ریشه میانگین مجذور خطا ممکن سازد؛ از این‌رو، این نرم‌افزار از قابلیت‌هایی برخوردار است که پیش از این در هیچ‌یک از ابزارهای آزمایشگاهی یادگیری و کنترل حرکتی مشاهده نمی‌شد. همچنین، برای حصول اطمینان از قابلیت استفاده از این نرم‌افزار در زمینه‌های پژوهشی آینده، به بررسی دقیق روایی و پایایی آن نیاز بود که با بررسی روایی سازه و هم‌زمان به‌علاوه پایایی به روش بازآزمایی، از این مورد نیز اطمینان حاصل شد؛ بنابراین، با ضریب اطمینان بالایی می‌توان این نرم‌افزار را برای استفاده در حیطه یادگیری و کنترل حرکتی پیشنهاد داد.

غیره است. پیشنهاد می‌شود که در پژوهش جداگانه‌ای اثر دستکاری در این متغیرها روی عملکرد ردیابی ارزیابی شود تا اهمیت هریک از این متغیرها برای ما روشن شود.

با بررسی‌های انجام‌شده و با توجه به کاستی‌های موجود در هریک از دستگاه‌های ساخته‌شده در گذشته، در پژوهش حاضر اقدام به ساخت نرم‌افزاری کردیم که متغیرهای متعدد اثرگذار بر عملکرد تکالیف پیگردی را در نظر بگیرد. با توجه به روا و پایابودن این ابزار می‌توان با اطمینان نرم‌افزار سنجش عملکرد در تکالیف پیگردی را برای انجام پژوهش‌های حیطه یادگیری و کنترل حرکتی توصیه کرد. از جمله مهم‌ترین زمینه‌های مورد استفاده این ابزار عبارت‌اند از:

شیوه‌های ارزیابی نیازهای مربوط به توجه، مشاهده و ارزیابی ویژگی‌های عمومی اجرا هنگام یادگیری، روش‌های سنجش یادگیری، مشاهده و ارزیابی تغییرات اجرا در مراحل مختلف یادگیری، سنجش انتقال میان تکلیفی، سنجش انتقال درون تکلیفی، ارزیابی نقش

## منابع

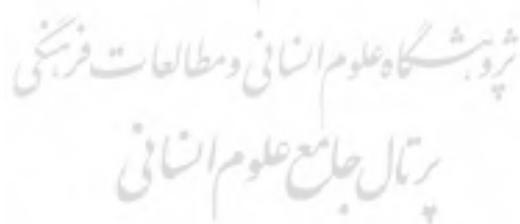
1. Sharif Nejad, A., & Bahram, A. (2005). Designing, development and reliability evaluation of instrument for motor performance assessment. *Research on Sport Sciences*, 9, 29-44. (In Persian).
2. Payne, V. G., & Isaacs, L. D. (2017). *Human motor development: A lifespan approach*. Abingdon: Routledge.
3. Gabin B, Camerino O, Anguera MT, Castañer M. (2012). Lince: multiplatform sport analysis software. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692-4694.
4. Bagheri Kudakani S, Lenjannejadian Sh, Hajlotfalian M. (2014). Designing, validation, and reliability assessment of software to acquire kinematics parameters of motion by image processing. *Research in Sport Medicine and Technology*, 27(11), 39-52.
5. Sañudo, B., Rueda, D., del Pozo-Cruz, B., de Hoyo, M., & Carrasco, L. (2016). Validation of a video analysis software package for quantifying movement velocity in resistance exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(10), 2934-2941.
6. Travassos, B., Davids, K., Araújo, D., & Esteves, T. P. (2013). Performance analysis in team sports: Advances from an Ecological Dynamics approach. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(1), 83-95.

7. Ekegren, C. L., Gabbe, B. J., & Finch, C. F. (2016). Sports injury surveillance systems: a review of methods and data quality. *Sports Medicine*, 46(1), 49-65.
8. Prado, M. T. A., Fernani, D. C. G. L., da Silva, T. D., Smorenburg, A. R., de Abreu, L. C., & de Mello Monteiro, C. B. (2017). Motor learning paradigm and contextual interference in manual computer tasks in individuals with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, 64, 56-63.
9. Sohrabi M. (2012). Comparison of effects of random and blocked physical exercise and mental imagery on performance and learning of pursuit task. (Unpublished Master thesis). Kharazmi University, Tehran. (In Persian).
10. Miall, R. C., & Jenkinson, E. W. (2005). Functional imaging of changes in cerebellar activity related to learning during a novel eye-hand tracking task. *Experimental Brain Research*, 166(2), 170-183.
11. Hong, Z., Chen, Z., Wang, C., Mei, X., Prokhorov, D., & Tao, D. (2015). Multi-store tracker (muster): A cognitive psychology inspired approach to object tracking. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 749-758). Boston: *Computer Vision and Pattern Recognition*.
12. Gratton, C., & Jones, I. (2014). Research methods for sports studies. (A. Farahani & Z. Bavarsad, translators). Tehran: Hatmi. 2nd ed. (In Persian).
13. Kashef, M. (2003). Revision and correction of preliminary practical test for physical education students, Research Institute of Physical Education, Tehran. (In Persian).
14. Magill, R. A., & Anderson, D. I. (2007). Motor learning and control: Concepts and applications (Vol. 11). New York: McGraw-Hill.
15. Schmidt, R., & Lee, T. (2013). Motor learning and performance, 5E with web study guide: from principles to application. Champaign: *Human Kinetics*.
16. Schmidt, R. A., & Wrisberg, C. A. (2008). Motor learning and performance: A situation-based learning approach. Champaign: *Human Kinetics*.
17. Wulf, G., & Schmidt, R. A. (1997). Variability of practice and implicit motor learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23(4), 987.
18. Thomas, J. R., Nelson, J. K., & Silverman, S. J. (2011). Research methods in physical activity. Champaign: *Human Kinetics*.
19. Teymoori Kheravi, M., Abdoli, B., Farsi, A., & Ahmadi, E. (2012). The effect of mental and physical practice on the learning of rotary pursuit skill generalized motor program and parameter. *Research on Rehabilitation sciences*, 8(2), 227-236. (In Persian).
20. Currell, K., & Jeukendrup, A. E. (2008). Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports Medicine*, 38(4), 297-316.
21. Schmidt, R. A., & Wrisberg, C. A. (2004). Motor learning and performance. Champaign: *Human Kinetics*.
22. Wulf, G., Shea, C., & Lewthwaite, R. (2010). Motor skill learning and performance: a review of influential factors. *Medical Education*, 44(1), 75-84.

## استناد به مقاله

اقدسی، م. ت.، و وزینی طاهر، ا. (۱۳۹۷). طراحی، ساخت و روان‌سنجی نرم‌افزار اندازه‌گیری عملکرد حرکت در تکالیف پیگردی. مجله مطالعات روان‌شناسی ورزشی، شماره ۲۵، ص. ۴۹-۶۲. شناسه دیجیتال: 10.22089/spsyj.2018.4713.1504

Aghdasi, M. T., & Vazini Taher, A. (2018). Designing, Development and Psychometrics of Software for Assessment of Motor Performance in Pursuit Tasks. Journal of Sport Psychology Studies, 25; Pp: 49-62. In Persian. Doi: 10.22089/spsyj.2018.4713.1504



## Designing, Development and Psychometrics of Software for Assessment of Motor Performance in Pursuit Tasks

Mohammad Taghi Aghdasi<sup>1</sup>, and Amir Vazini Taher<sup>2</sup>

Received: 2017/08/30

Accepted: 2018/05/27

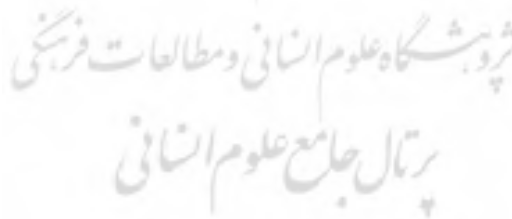
---

### Abstract

In the present study the software of motor performance assessment in pursuit tasks is presented with ability to calculate root mean square error as an important measure of errors to evaluate motor performance. Based on this research desired indices, the computer software was designed and developed using MATLAB, C++, C programming languages. To determine construct validity, the correlation coefficient between manual results and automatic calculated results was assessed which was equal to 1 correlation. Furthermore, subjects were asked to follow the circle, square and triangle paths of rotary pursuit device which resulted in 0/83 correlation. This software having multiple applications, benefits from the advantage to be easily used by researchers and users with different levels and has a very accurate output.

**Key Words:** Motor Learning and Performance, Validity, Reliability, Pursuit task, Software

---



---

1. Professor, faculty of physical education, Tabriz University

2. Ph.D, Razi University of Kermanshah (Corresponding Author)

Email: vazinitaheer@gmail.com