

Research paper

**The Investigate the Components of Visual Tracking and the Amount of Spatial and Temporal Error in the Bilateral Targeting Task with Dominant and Non-Dominant Hands**

**S. Gholami<sup>1</sup>, S. N. Shetab Bousheri<sup>2</sup>, M. R. Doustan<sup>3</sup>**

1. Masters student of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2. Associate professor of Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

3. Instructor of Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (Corresponding Author)

Received: 2020/08/08

Accepted: 2020/11/08

---

---

**Abstract**

The purpose of this study was to investigate the components of visual tracking and spatial and temporal error in the bilateral targeting task in the dominant and non-dominant hand. The participants in the study were 17 right-handed students in the age range of 19-22. They performed the bilateral targeting task in eight different situations, two temporal difficulties and two spatial difficulties with dominant and non-dominant hands, using a speed-accuracy trade off apparatus with auditory metronome rhythm. The effective target width and timing error were evaluated and compared. Visual searching behavior including number, duration and rate of fixations was also assessed using Binocular Vision Tracking system. The results showed that the effective width of the target, there was no difference between easy task and difficult as well as dominant and non-dominant task, but there was a difference between easy and difficult task in terms of time. There were more errors in the non-dominant hand, the difficult and fast movement. Also, the change in spatial difficulty, temporal and limb difficulty did not have a significant effect on the number and time of visual fixations, but was significant on the rate of visual fixations, so that the average rate of fixations was higher in the non-dominant hand than in the dominant hand. In general, in fast continuous aiming task, timing errors are more affected by the difficulty of the task and hand-dominancy than spatial errors, and less time is spent staring at the target when performing the task with the dominant hand.

**Keywords:** Visual Fixation, Speed-Accuracy Trade Off, Effective Target Width, Handedness, Spatial and Temporal Difficulty

---

---

---

1. Email: mrdoostan@yahoo.com

2. Email: s.golami2295@gmail.com

3. Email: nahid3shetab@yahoo.com

## **Extended Abstract**

### **Background and Purpose**

One of the most common principles in motor skill control is the speed-accuracy trade-off (SAT). In the field of SAT, several theories and hypotheses have been proposed with different analyzes. One of the most important hypotheses is signal-dependent noise. This hypothesis states that high-speed movements require more control over signals, which may lead to increased motor variability and consequently lower movement accuracy (1). Some researchers consider the location and position of visual stabilization as one of the characteristics that indicate the perceptual strategy used by the performer to extract meaningful information from the performance. The position of visual stabilization as a reflection of the important cues used in decision making and the number of fixations reflect the performer's information processing needs (2). Considering the different performance and ability levels of dominant and non-dominant hands (3) and the stated principles in performing tasks that require speed and accuracy, especially in the speed of using visual feedback during performance, it appears that visual search behavior differs between dominant and non-dominant limbs when performing these tasks. The purpose of this study was to investigate the components of visual tracking and spatial and temporal error magnitude in the bilateral task-oriented targeting with dominant and non-dominant hands.

### **Methodology**

The statistical population of this quasi-experimental study consisted of academic students aged 19-22 years old. The participants in the present study were 17 right-handed students, selected by the available sampling method. The instrument used in this study was visual tracker (made by Pupil, Germany), laptop, metronome, and Target Tapping Test software (with a reliability of 0.87). The results of Edinburgh questionnaire on handedness were used to identify the right hand. Participants performed the bilateral task-oriented targeting in eight different situations, two temporal and two spatial difficulties with the dominant and non-dominant hands, using a SAT with auditory metronome rhythm. Each participant completed each of the easy and difficult tasks in the horizontal plane for 10 seconds. Simultaneously, the behavior was recorded as output numbers from the optical pen and touchpad, and as data related to the visual tracking device. In the easy tasks, the distance between targets was 8 and the width of the targets was 1 cm, and the time rhythm of the metronome was 350 milliseconds; in the difficult tasks, the distance between targets was 12 and the width of the targets was 0.5 cm and the time rhythm of the metronome was 250 milliseconds. In the present study, visual search behavior including the number, duration and speed of fixations was also assessed using the Binocular Vision Tracking system. The effective target width and timing error were evaluated and compared.

## Results

Findings related to the intragroup analysis of variance test showed that the main effect of spatial difficulty and limb on the effective target width (We) was not significant. The We averaged 11.826 and 10.354 in easy and difficult tasks, respectively, and We averaged 10.704 and 11.476 in performing with dominant and non-dominant hands, respectively. However, the main effect of temporal difficulty on We was significant ( $\eta^2 = 0.308$ ,  $\text{sig} = 0.017$ ,  $F_{16.1} = 7.109$ ). This means that there was a difference between easy (350 milliseconds) and difficult (250 milliseconds) tasks in the We, regardless of the difficulty of the task and the dominant or non-dominant limb. Descriptive comparisons represented that the We was greater in the difficult than easy tasks so that the average in easy and difficult tasks was 10.072 and 12.08, respectively. The results of the Friedman test demonstrated that there was a significant difference between different tests in the mean of timing error ( $K_2 = 61.075$ ,  $\text{sig} = 0.001$ ). Descriptive comparisons indicated that the highest timing error was related to difficult task conditions - 250 milliseconds - non-dominant hand (41 milliseconds), and the lowest timing error was associated with simple task conditions - 350 milliseconds - dominant hand (144 milliseconds).

The findings of the test showed that the effect of spatial difficulty, temporal difficulty and limb on the number of visual fixations was not significant. Moreover, the effect of spatial and temporal difficulty on the speed of visual fixations was not significant, but the main effect of limbs ( $\eta^2 = 0.241$ ,  $\text{sig} = 0.038$ ,  $F_{16.1} = 0.089$ ) on the speed was significant. Descriptive comparisons manifested that there was a lower speed of visual fixations in performing the task with dominant than non-dominant hands, regardless of the type of difficulty. The average speed of visual fixations was 385 and 417 milliseconds in the performance with dominant and non-dominant hands, respectively. This means that they spent less time staring at the target while performing the task with the dominant hand.

## Conclusion

Increasing the effective width of the target or spatial errors by increasing the speed of movement can be explained by the signal-dependent noise hypothesis. As speed increases, the number of motoneuron signals increases and the signal-dependent noise also increases; the noise enhances spatial errors in reaching the target limb (4). Most timing errors were related to difficult task conditions, highest speed and non-dominant hand. Onagawa et al. (2019) found that when the time to make a decision is less than one second, gathering more information about a given situation is beneficial but imposes time-dependent costs. However, if the value of time to devote to gathering information is higher (e.g., in a typical defender's routine), taking more time to make better decisions can give a better answer than

rushing to make decisions (5). Itaguchi and Fukuzawa (2017) have pointed out that the human central nervous system seeks an optimal solution for motion control through trial and error (6). Vision plays a vital role in the search for the optimal solution. According to Parziale et al. (2020), this exchange is a behavioral feature resulting from the strategy adopted by the central nervous system to perform faster movements. Participants spent less time staring at the target while performing the task with the dominant hand. It seems that the type of task (7) and the skill level of the individual (8) have a greater effect on the time and number of fixations than the change in the temporal and spatial difficulty of the task. Sakazume et al. (2020) have stated that when the percussive task is performed with the upper hand, preliminary visual information is provided to the neuromuscular system more quickly and there is better prediction of interdepartmental dynamics (9). This probably reduces the need for staring time or stabilization rates when performing with the dominant hand over non-dominant one. However, Matthew et al. (2019) have suggested that the greater skill seen in the dominant hand in many motor tasks is due to better control rather than anticipation because forecasting and control are separate processes (10).

**Keywords:** Visual Fixation, Visual Feedback, Speed-Accuracy Trade-Off, Effective Target Width, Handedness, Spatial and Temporal Difficulty

### References

1. Lunardini F, Bertucco M, Casellato C, Bhanpuri N, Pedrocchi A, Sanger TD. Speed-accuracy trade-off in a trajectory-constrained self-feeding task: a quantitative index of unsuppressed motor noise in children with dystonia. *Journal of child neurology*. 2015 Oct;30(12):1676-85.
2. Gorman AD, Abernethy B, Farrow D. Evidence of different underlying processes in pattern recall and decision-making. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2015 Sep;68(9):1813-31.
3. Stöckel T, Weigelt M. Brain lateralisation and motor learning: Selective effects of dominant and non-dominant hand practice on the early acquisition of throwing skills. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*. 2012 Jan 1;17(1):18-37.
4. Harris CM, Wolpert DM. Signal-dependent noise determines motor planning. *Nature*. 1998 Aug;394(6695):780-4.
5. Onagawa R, Shinya M, Ota K, Kudo K. Risk aversion in the adjustment of speed-accuracy tradeoff depending on time constraints. *Scientific reports*. 2019 Aug 13;9(1):1-2.
6. Itaguchi Y, Fukuzawa K. Influence of speed and accuracy constraints on motor learning for a trajectory-based movement. *Journal of motor behavior*. 2018 Nov 2;50(6):653-63.
7. Sakazume Y, Furubayashi S, Miyashita E. Functional Roles of Saccades for a Hand Movement. *Applied Sciences*. 2020 Jan;10(9):3066.

8. Shirmehenji F, Namazizadeh M, Sheikh M, Rafiee S. The Role of Visual Search Behavior and the Verbal Report in Anticipation Skill of Skilled and Semi-Skilled Badminton Players in Smash Hits. J Res Rehabil Sci 2018; 14(5): 275-82.
9. Sainburg RL. Convergent models of handedness and brain lateralization. Frontiers in psychology. 2014 Oct 8; 5:1092.
10. Mathew J, Sarlegna FR, Bernier PM, Danion FR. Handedness matters for motor control but not for prediction. Eneuro. 2019 May 28.



## بررسی مؤلفه‌های ردیابی بینایی و میزان خطای فضایی و زمانی در تکلیف هدف‌گیری دوطرفه با دست برتر و غیربرتر

ساره غلامی<sup>۱</sup>، سیده‌ناهد شتاب بوشهری<sup>۲</sup>، محمدرضا دوستان<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲. دانشیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۳. مربی گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (نویسنده مسئول)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۱۸

### چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی مؤلفه‌های ردیابی بینایی و میزان خطای فضایی و زمانی در تکلیف هدف‌گیری دوطرفه با دست برتر و غیربرتر، انجام شد. شرکت‌کنندگان در پژوهش ۱۷ دانشجوی راست‌دست در رده سنی ۱۹ تا ۲۲ بودند. آن‌ها تکلیف ضربه‌زنی دوطرفه را در هشت شرایط متفاوت یعنی دو دشواری زمانی و دو دشواری فضایی با دست برتر و غیربرتر با استفاده از دستگاه سنجش مبادله سرعت-دقت با ریتم مترونوم شنیداری انجام دادند. پهنای مؤثر هدف و خطای زمان‌بندی ضربات ارزیابی و مقایسه شد. رفتار جست‌وجوی بینایی نیز شامل تعداد، مدت‌زمان و نرخ تثبیت‌ها با استفاده از سیستم ردیابی بینایی دوچشمی ارزیابی شد. برای تحلیل آماری داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس درون‌گروهی و فریدمن استفاده شد. نتایج نشان داد در پهنای مؤثر هدف (We) بین تکلیف آسان با دشوار و اندام برتر با غیربرتر، تفاوت وجود نداشت، اما بین تکلیف آسان و دشوار از نظر زمانی تفاوت وجود داشت. خطای زمان‌بندی در دست غیربرتر، حرکت دشوار و سریع خطاها بیشتر بود. همچنین تغییر در دشواری فضایی، دشواری زمانی و اندام بر تعداد و زمان تثبیت‌های بینایی تأثیر معنادار نداشت، ولی بر نرخ تثبیت‌های بینایی معنادار بود؛ به طوری که میانگین نرخ تثبیت‌ها در اجرا با دست غیربرتر از دست برتر بیشتر بود. به طوری که، در تکالیف مداوم ضربه‌زنی سریع، خطاهای زمانی بیش از خطاهای فضایی تحت تأثیر دشواری تکلیف و برتری دستی قرار می‌گیرند و هنگام اجرای تکلیف با دست برتر مدت زمان کمتری صرف خیره‌شدن بر هدف می‌شود.

**واژگان کلیدی:** تثبیت‌های بینایی، مبادله سرعت-دقت، پهنای مؤثر هدف، دست‌برتری، دشواری فضایی و زمانی.

1. Email: mrdoostan@yahoo.com
2. Email: s.golami2295@gmail.com
3. Email: nahid3shetab@yahoo.com

### مقدمه

یکی از رایج‌ترین اصول در کنترل مهارت‌های حرکتی، مبادله بین سرعت و دقت<sup>۱</sup> (SAT) است؛ به بیان ساده، بر مبنای این قانون، هرچه سریع‌تر حرکت کنیم، دقت ما در رسیدن به هدف کمتر می‌شود. در واقع، مبادله سرعت-دقت در شکل‌های متفاوت مهارت‌های حرکتی وجود دارد و به هدف و ماهیت تکالیف حرکتی نیز بستگی دارد (۱). هنگامی که افراد برای رسیدن به هدف، سریع و دقیق عمل کنند، بین سرعت و دقت مبادله رخ می‌دهد (۲). رابطه بین سرعت و دقت حرکتی یکی از قوی‌ترین پدیده‌های عملکرد حرکتی انسان است که به موجب آن شخص می‌تواند دقت حرکت را به وسیله کاهش سرعت افزایش دهد و برعکس (۳).

ایده عمومی مبادله سرعت-دقت در بسیاری از تکالیف اثبات شده است؛ از این رو، به عنوان یک قانون عمومی رفتار حرکتی در آمده است که «قانون فیتز»<sup>۲</sup> نام دارد. این قانون با استفاده از تکالیف آزمایشگاهی ضربه‌زنی دوطرفه با قلم ویژه به اهداف مشخص، یک معادله لگاریتمی برای مبادله سرعت-دقت پیشنهاد می‌کند و ارتباط زمان حرکت و شاخص دشواری<sup>۳</sup> (ID) را نشان می‌دهد (۱). فیتز دریافت که رابطه بین اندازه حرکت<sup>۴</sup> (A)، پهنای هدف<sup>۵</sup> (W) و میانگین زمان حرکت<sup>۶</sup> (MT) از یک فرمول تبعیت می‌کند:  $MT = a + b \left[ \log \left( \frac{2A}{W} \right) \right]$

در واقع، زمان حرکت به دشواری تکالیف بستگی دارد؛ در نتیجه، کارایی سیستم حرکتی به دشواری تکالیف مربوط است و این اندازه‌گیری معمولاً با بررسی دقت یا خطای نقطه پایانی حرکت به دست آمده است (۱). مبادله سرعت-دقت یک پدیده بنیادی رفتاری (۴) و ویژگی مشترکی در اجرای مهارت‌های حرکتی است (۱). برخی اوقات مبادله لگاریتمی به خطی متمایل می‌شود. به نظر می‌رسد مبادله خطی سرعت-دقت درباره حرکاتی کاربرد دارد که از قبل برنامه‌ریزی می‌شوند (فرایند کنترلی حلقه باز)؛ در حالی که مبادله لگاریتمی در تکالیف حرکتی که در کنترل حلقه بسته و فرایند اصلاحی‌اند، کاربرد دارد (۱).

نظریه‌ها و فرضیه‌های گوناگونی با تحلیل‌های متفاوتی در زمینه SAT مطرح شده‌اند. فرضیه مبادله هزینه-سود<sup>۷</sup> (CBT) بین تلاش عضلانی و ارزش ذهنی پاداش است (۶، ۵). در واقع، از یک سو، دریافت سریع پاداش به تلاش عضلانی بیشتری نیاز دارد (۷) و از سوی دیگر، هنگامی که ارزش ذهنی

- 
1. Speed- Accuracy Trade-Off
  2. Fitts Law
  3. Index of Difficulty
  4. Amplitude of Target
  5. Width of Target
  6. Movement Time
  7. Cost-Benefit Trade-Off

پاداش کاهش می‌یابد، زمان لازم برای افزایش آن تکلیف افزایش می‌یابد (۸). حال طبق فرضیه مبادله هزینه-سود، برای نشان دادن ارتباط بین این دو حلقه در این زمینه نگرشی وجود دارد؛ هنگامی که تکالیف، هم‌زمان به سرعت و دقت نیاز دارند، دست راست (برتر) سریع‌تر و دست چپ (غیربرتر) دقیق‌تر عمل می‌کند (۹). در زندگی روزمره دست غیربرتر نقش حمایتی برای دست برتر ایفا می‌کند (۹). در این راستا، استوکل<sup>۱</sup> (۱۰) نشان داد تکالیف دقت فضایی که با دست غیربرتر تمرین شوند، بهتر یاد گرفته می‌شوند؛ درحالی‌که تمرین با دست برتر برای تکالیفی که با تولید حداکثر نیروست، کارآمدتر است. همچنین دست برتر در کسب مسیرهای مستقیم در میدان نیروی جدید بهتر عمل می‌کند و دست غیربرتر در توقف روی هدف دقیق‌تر است. همچنین طبق فرضیه برتری پویا، دست برتر درباره پویایی حرکت به‌ویژه در طول اعمال سریع آماده‌تر است؛ درحالی‌که دست غیربرتر برای کسب وضعیت موازنه مورد نیاز مناسب‌تر است (۱۱).

فرضیه‌ای دیگر، فرضیه نویز وابسته به سیگنال است که بیان می‌کند در یک تکلیف با کاهش سرعت حرکت و در نتیجه کاهش پیام‌های موتونورونی، دقت می‌تواند بهبود یابد. با افزایش سرعت حرکت ارسال پیام‌های عصبی نیز افزایش می‌یابد و با افزایش میانگین سطح سیگنال‌های عصبی به‌ویژه در تکالیف دشوار، به دلیل ماهیت وابسته به سیگنال آن، نویز افزایش می‌یابد (۱۲). با وجود چنین نویز وابسته به سیگنالی، حرکت با سرعت زیاد به کنترل بیشتر سیگنال‌ها نیاز دارد که می‌تواند به افزایش تغییرپذیری حرکتی و در نتیجه دقت کمتر در حرکت منجر شود (۱۳).

مبادله لگاریتمی سرعت-دقت در تکالیفی که اصلاحات حرکتی با استفاده از بازخورد بینایی صورت می‌گیرد، کاربرد دارد؛ درحالی‌که مبادله خطی بیشتر در حرکات سریعی که فرصت استفاده از بازخورد بینایی وجود ندارد، رخ می‌دهد (۱)؛ بنابراین، به نظر می‌رسد سیستم بینایی می‌تواند به‌خوبی مبادله سرعت-دقت را به چالش بکشد. مدت زمان و محل تمرکز بینایی، راهبردهای<sup>۲</sup> ادراکی استفاده‌شده در کسب اطلاعات مناسب برای اجرای حرکت را فراهم می‌کنند (۱۴). رفتار جست‌وجوی بینایی<sup>۳</sup> شامل معطوف کردن توجه بینایی به‌منظور تعیین موقعیت نشانه‌های محیطی مناسب است (۱۵). بسیاری از پژوهشگران بر فناوری ردیابی چشم تأکید کرده‌اند و نشان داده‌اند که در سطوح بالای عملکرد مهارت حرکتی، خیرگی در فضای اجرایی به اهداف و اشیاء معطوف می‌شود. همچنین بین عملکرد مهارت حرکتی و کنترل خیرگی اجراکننده به‌ویژه در مهارت‌های هدف‌گیری ارتباط قوی وجود دارد (۱۶).

---

1. Stocel  
2. Strategies  
3. Visual Search



برای موفقیت اولیه واکنش‌های حرکتی و تصمیم‌گیری در زمان، به درک اطلاعات بصری در سریع‌ترین زمان نیاز است؛ بنابراین، به‌نظر می‌رسد زمان کسب و مکان‌یابی اطلاعات بسیار مهم است (۱۷) واضح است که رفتار خیرگی کارآمدتر در ترکیب با مهارت‌های حرکتی که اهمیت زیادی برای دستیابی به عملکرد بالا در ورزش‌ها دارند، مدنظر قرار می‌گیرد (۱۸). می‌توان از اطلاعات بینایی برای برنامه‌ریزی اعمال جدید یا پاسخ مناسب به وضعیت محیطی استفاده کرد (۱۹). براساس مدل پیش‌رو درونی<sup>۱</sup>، برای اطمینان از دستیابی به هدف مدنظر، سیستم عصبی مرکزی<sup>۲</sup> قادر است اصلاحات هم‌زمانی را در فعالیت‌های حرکتی انجام دهد؛ زیرا، محیط حسی خارجی همیشه در حال تغییر است. مدل پیش‌رو درونی، یک مدل یکپارچگی حسی-حرکتی است که سازگاری سیستم حرکتی را در مقابل انحرافات کوچکی که در بینایی بیرون رخ می‌دهد، ایجاد می‌کند (۲۰).

ارتباط بین مؤلفه‌های بینایی و مؤلفه‌های رفتاری برای افزایش سرعت بهینه‌سازی مبادله بین سرعت و دقت است که این موضوع به ایجاد نوبزهای عصبی اضافی و در نتیجه کاهش دقت منجر می‌شود (۲۱، ۱۲). تصور می‌شود این مبادله سرعت-دقت توصیفی ناشی از پیش‌بینی‌پذیری سرعت حرکات بینایی است؛ هرچند انعطاف‌پذیری بیشتری را در توالی اصلی در مقایسه با تصور پیشین آشکار می‌کند (۲۲). برخی پژوهشگران مکان و موقعیت تثبیت بینایی را از جمله ویژگی‌هایی می‌دانند که نشان‌دهنده راهبرد ادراکی استفاده‌شده به‌وسیله اجراکننده برای استخراج اطلاعات معنادار از اجراست. مکان تثبیت بینایی به‌عنوان بازتابی از نشانه‌های مهم استفاده‌شده در تصمیم‌گیری است و تعداد تثبیت‌ها منعکس‌کننده نیازهای پردازش اطلاعات برای اجراکننده است (۲۳، ۲۴). گورمن<sup>۳</sup> و همکاران (۲۴) رفتار جست‌وجوی بینایی و مهارت تصمیم‌گیری و فراخوانی بازیکنان ماهر و مبتدی بسکتبال را بررسی کردند. با وجود یافتن تفاوت معنادار در مهارت‌های تصمیم‌گیری و فراخوانی، تفاوت معناداری در تعداد و مدت زمان تثبیت‌ها بین گروه‌ها مشاهده نکردند، اما نتایج پژوهش معینی‌راد و همکاران (۲۵) تفاوت معناداری را در تواتر تثبیت‌ها در بین سطوح متفاوت خبرگی نشان داد؛ به‌طوری‌که افراد ماهر تعداد تثبیت‌های کمتری را نشان دادند. این نتیجه به این مفهوم اشاره دارد که افراد ماهر قادرند اطلاعات مرتبط‌تری را درون یک تثبیت واحد دریافت کنند که نشان‌دهنده ثبات خیرگی بهتر این افراد است؛ به‌گونه‌ای که آن‌ها تنها بر موقعیت‌هایی با اطلاعات ضروری تمرکز می‌کنند و از حرکت چشم‌ها به خارج از موقعیت‌های مرتبط اجتناب می‌کنند. آن‌ها علت این تفاوت را در سطح مهارتی و نوع تکلیف در نظر گرفتند. از آنجاکه تکالیف متفاوت دارای ساختار زمانی، پیچیدگی و نیازهای متفاوتی‌اند، این امر می‌تواند بر رفتار جست‌وجوی بینایی آن‌ها تأثیر بگذارد.

- 
1. Internal Forward Model
  2. Central Nervous System (CNS)
  3. Gorman

با توجه به تفاوت در عملکرد و سطح مهارتی در دست برتر و غیربرتر (۹-۱۱) و اصول بیان شده درباره انجام دادن تکالیف نیازمند سرعت و دقت، به‌ویژه در سرعت استفاده از بازخورد بینایی در هنگام اجرا، به‌نظر می‌رسد رفتارهای جست‌جوی بینایی در این تکالیف در هنگام اجرا با اندام برتر با غیربرتر متفاوت‌اند. حال با توجه به پژوهش‌های انجام شده و فرضیه‌های موجود درباره مبادله سرعت-دقت، هدف از انجام دادن این پژوهش بررسی مؤلفه‌های ردیابی بینایی (تعداد، مدت زمان و نرخ تثبیت‌ها) و مؤلفه‌های رفتاری در تکلیف مبادله سرعت-دقت در دشواری‌های مختلف در دست برتر و غیربرتر است.

### روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های نیمه‌تجربی است و از لحاظ هدف در زمره پژوهش‌های بنیادی و با طرح درون‌گروهی قرار می‌گیرد. جامعه آماری این پژوهش دانشجویان دانشگاه شهید چمران اهواز بودند که در سال تحصیلی ۹۹-۱۳۹۸ مشغول به تحصیل بودند. نمونه پژوهش شامل ۱۷ نفر بود که از بین جامعه آماری به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. روش انتخاب نمونه‌ها بدین صورت بود که ابتدا پرسشنامه دست‌برتری ادینبورگ از اولدفیلد که در سال ۱۹۷۱ ساخته شد (۲۶)، به دانشجویان داوطلب ارائه شد و پس از نمره‌گذاری پرسشنامه افراد راست‌دست و راست‌برتر خالص انتخاب شدند.

در این پژوهش از ابزارهای اندازه‌گیری زیر استفاده شد که عبارت‌اند از:

۱- پرسشنامه دست‌برتری ادینبورگ (اولدفیلد، ۱۹۷۱): برای سنجش دست‌برتری از پرسشنامه دست‌برتری ادینبورگ استفاده شد که از اعتبار و پایایی قابل قبولی برخوردار است (۲۶). علی‌پور (۲۷) همسانی درونی آزمون را از طریق همبستگی تمام موارد آزمون با نمره کل سنجید که دامنه همبستگی آن‌ها بین ۸۳ درصد تا ۹۸ درصد بود. آلفای کرونباخ پرسشنامه ۹۷ درصد و همبستگی دو نیمه آن ۹۲ درصد بود؛

۲- دستگاه سنجش مبادله سرعت-دقت: این دستگاه شامل نرم‌افزار ضربه‌زدن به هدف<sup>۱</sup> است که در محیط ویندوز طراحی شده است و قابلیت ارائه دو یا چند هدف به شکل خط، مربع و دایره را دارد. تعداد اهداف، رنگ اهداف، ابعاد و فاصله بین اهداف تغییرکردنی است و فاصله‌دهی با دقتی در سطح میلی‌متر است. حرکت نیز براساس خواست پژوهشگر در جهات عمودی، افقی و مورب امکان تنظیم دارد. داده‌ها به‌وسیله قلم نوری و پد به نرم‌افزار داده می‌شود. نرم‌افزار تعداد حرکات صحیح و خطا در طول ضربه به اهداف، زمان انجام شدن یک حرکت، میانگین زمانی حرکت فرد، خطای زمان‌بندی،

1. Target Tapping Test

مختصات محورهای (x و y) ضربات زده‌شده، انحراف استاندارد مختصات (X و Y) و غیره را نمایش می‌دهد. افراد خبره در حوزه رفتار حرکتی روانی نرم‌افزار را تأیید کردند. پایایی ابزار از طریق روش آزمون-بازآزمون از طریق ضریب همبستگی پیرسون برابر با ۰/۸۷ به‌دست آمد؛

۳- پد لمسی: دستگاه تبلت لمسی و قلم حرفه‌ای<sup>۱</sup> برای اندازه‌گیری سرعت و دقت آزمودنی به‌کار می‌رود و زمان تخمین سرعت را با دقت ۰/۰۰۱ ثانیه اندازه‌گیری می‌کند. این دستگاه در مواردی به‌کار می‌رود که به اندازه‌گیری شمارش تعداد خطا نیاز باشد. آزمایش‌های روانی-حرکتی از قبیل دقت مسیر، آهنگ فردی، هماهنگی چشم و دست، یادگیری از طریق کوشش و خطا و همچنین سطوح مختلف دشواری تکلیف با این دستگاه می‌توان سنجیده شود؛

دستگاه دارای یک تبلت مدل PTH-۸۵، قلم به‌همراه پاک‌کن و دو عدد CD نرم‌افزار است. همچنین دارای امکان تماس دست<sup>۲</sup> در محدوده عملکرد با سایز ۳۲۵/۱ × ۲۰۳/۲ میلی‌متر است. این تبلت به سیستم کامپیوتر و لپ‌تاپ از طریق کابل و پورت یواس‌بی<sup>۳</sup> متصل می‌شود و همچنین قابلیت ارتباط به‌صورت وایرلس را دارد. دارای هشت کلید میانبر<sup>۴</sup> با رزولوشن (۵۰۸۰) و حساسیت زیاد (۲۵۴۰) ساخت کشور چین به سفارش کشور آمریکا است. ابعاد تبلت در سایز ۴۸۷ × ۳۱۸ × ۱۲ میلی‌متر است؛

۴- قلم نوری: قلم دارای تکنولوژی الکترومغناطیسی<sup>۵</sup> با حساسیت ۰/۲۵ میلی‌متر و سطح فشار ۲۰۴۸ بود؛

۵- مترونوم<sup>۶</sup>: از مترونوم برای بازخورد شنوایی و تنظیم حرکت ریتمیک دست استفاده می‌شود. اولین بار در سال ۱۸۱۴ میلادی مخترع آلمانی، یوهان مِلتسل<sup>۷</sup>، مترونوم را ساخت و معرفی کرد. مترونوم یک ابزار تمرینی است که ضربات یکنواخت و پی‌درپی ایجاد می‌کند تا آزمودنی‌ها را در نگه‌داشتن ریتم حرکت یاری دهد. این ضربه‌ها با یکای ضرب در دقیقه سنجیده می‌شوند. اغلب مترونوم‌ها قادرند ضرباتی در گستره ۳۰ تا ۲۵۰ ضرب در دقیقه تولید کنند. انواع آن مترونوم دیجیتالی و مترونوم مکانیکی‌اند که در این پژوهش از یک مترونوم دیجیتالی نصب‌شده در موبایل استفاده شده است؛

۶- کرنومتر: از کرنومتر برای اندازه‌گیری زمان استفاده شد؛

۷- یک دستگاه لپ‌تاپ مدل HP؛

1. Professional Creative Pen and Touch Tablet
2. Touch
3. USB
4. Shortcut
5. Electromagnetic Resonance Method
6. Metronome
7. Johan Meltzel

۸- دستگاه ردیاب بینایی (پیوپیل<sup>۱</sup>)، ساخت شرکت پیوپیل، آلمان: در حین انجام دادن تکلیف، حرکات چشم به وسیله سیستم ردیابی بینایی دوچشمی پیوپیل (شرکت پیوپیل، ساخت آلمان) ارزیابی می‌شود. ردیاب بینایی با فرکانس ۶۰ هرتز به یک لپ‌تاپ (شرکت اپل، ساخت آمریکا) به وسیله کابل یواس‌بی وصل می‌شود و ویدئوی ضبط‌شده از طریق ردیاب بینایی، توسط نرم‌افزار پیوپیل کپچر<sup>۲</sup> (شرکت پیوپیل، ساخت آلمان) در آن ذخیره می‌شود. این دستگاه حرکات دو چشم را توسط دو دوربین جانبی و فضای محیط را به وسیله دوربین پیشانی با دقت یک درجه بینایی با رزولیشن ۷۲۰ × ۱۲۸۰ پیکسل در هر اینچ با سرعت ۶۰ فریم در ثانیه ثبت می‌کند. کالیبراسیون دستگاه به روش ویژگی طبیعی<sup>۳</sup> پنج‌نقطه‌ای روی پد لمسی انجام می‌شود. تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از ردیابی بینایی به وسیله نرم‌افزار پیوپیل پلیر<sup>۴</sup> (شرکت پیوپیل، ساخت آلمان) به صورت فریم به فریم انجام خواهد می‌شود؛

۹- پرسشنامه مشخصات فردی و فرم ثبت نتایج: این فرم براساس نتیجه اجرای هر فرد تنظیم می‌شود؛ به این صورت که در هر کوششی که آزمودنی بازخورد دریافت کند، شماره کوشش مدنظر ثبت می‌شود؛

۱۰- نرم‌افزار سنجش مبادله سرعت-دقت (نرم‌افزار Target Tapping Test- مدل PTH- 851): شامل یک بسته نرم‌افزاری است و یک آزمون مرجع که برای اندازه‌گیری و تخمین سرعت و دقت آزمودنی به کار می‌رود و زمان تخمین سرعت را با دقت ۰/۰۰۱ ثانیه اندازه‌گیری می‌کند. این دستگاه شامل یک تبلت با سایز بزرگ، یک قلم نوری، یک سیم رابط که دستگاه را به لپ‌تاپ متصل می‌کند و دو عدد سی‌دی برای نصب نرم‌افزار روی لپ‌تاپ است.

در برنامه صفحه‌ای طراحی شد که روی آن دو یا چند هدف به شکل دایره یا مربع یا خطی با پهنای (W) متغیر و فاصله بین دو هدف (A) متغیر وجود دارد (آزمونگر می‌تواند شکل، پهنای و فاصله بین اهداف، تعداد اهداف، طول و عرض برگه آزمون و رنگ اهداف را تنظیم کند). پس از پایان آزمون دستگاه چند خروجی می‌دهد که شامل زمان حرکت، تعداد کل ضربه‌های زده‌شده، تعداد ضربه‌های خطا، تعداد ضربه‌های درست و اشتباه، فاصله زمانی بین تک‌تک ضربه‌ها، میانگین فاصله زمانی بین ضربه‌ها، تعداد ضربه‌های خارج از هدف (خطاها) و فاصله هر ضربه تا مرکز هدف مربوط به خودش. تکلیف آزمودنی این بود که در زمان معین و در فاصله خاصی به اهدافی که روی تبلت تعبیه شده‌اند، با استفاده از قلم نوری به سرعت و با دقت ضربه بزند؛ به طوری که محل ضربه درون اهداف باشد. برای

- 
1. Pupil
  2. Pupil Capture
  3. Natural Features
  4. Pupil Player

این کار، آزمودنی نخست باید تخمینی درباره ساختار فضایی حرکت و سپس تخمینی درباره زمان انجام دادن حرکت داشته باشد.

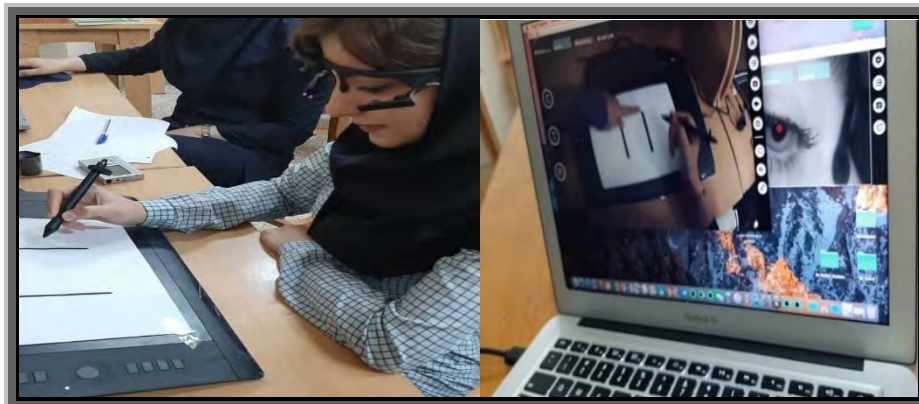
روش اجرای پژوهش بدین صورت بود که هریک از شرکت‌کنندگان در مدت زمان ۱۰ ثانیه هرکدام از تکالیف ساده و دشوار را با دست برتر و غیربرتر در سطح افقی هم‌زمان با ردیاب بینایی انجام دادند؛ به طوری که هم‌زمان هم خروجی رفتاری به صورت اعداد خروجی از صفحه قلم نوری و پدلمسی و هم داده‌های مربوط به ابزار ردیابی بینایی ثبت شدند. در تکالیف ساده فاصله اهداف هشت سانتی‌متر و پهناى اهداف یک سانتی‌متر است و ریتم زمانی هر ضربه ۳۵۰ میلی‌ثانیه بود؛ در حالی که در تکالیف دشوار فاصله اهداف ۱۲ سانتی‌متر و پهناى اهداف ۰/۵ سانتی‌متر بود و ریتم زمانی هر ضربه ۲۵۰ میلی‌ثانیه بود. همچنین با توجه به اینکه مقیاس‌های ردیابی چشمی به دو طبقه مقیاس زمانی (اندازه-گیری شده برحسب زمان) و مقیاس فضایی (اندازه‌گیری شده برحسب فضا) تقسیم‌بندی شده‌اند و رایج‌ترین شاخص‌های حرکت چشم برحسب دو بُعد حرکت چشم (ثبیت، ساکاد) و مقیاس اندازه-گیری (زمانی، فضایی و شمارشی) هستند (۲۸، ۲۸)، در پژوهش حاضر مؤلفه‌های بینایی تعداد، زمان و نرخ تثبیت‌های بینایی ارزیابی شد.

با توجه به هدف پژوهش، پس از جمع‌آوری داده‌ها برای تجزیه و تحلیل آن‌ها از روش‌های آمار توصیفی مانند فراوانی، میانگین و انحراف معیار استفاده شد. از آزمون شاپیرو-ویلک<sup>۱</sup> برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها استفاده شد. برای تحلیل آماری داده‌ها از تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری‌های تکراری و فریدمن<sup>۲</sup> برای بررسی روند تفاوت اجرا در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. بدین منظور از نرم‌افزار آماری اس.پی.اس.اس<sup>۳</sup> نسخه ۱۹ استفاده شد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
رتال جامع علوم انسانی

---

1. Shapiro-Wilk  
2. Friedman  
3. SPSS



شکل ۱- نمایشی از چگونگی اجرای حرکت ضربه‌زنی دوطرفه به اهداف و ردیابی بینایی

## نتایج

برای تصمیم‌گیری درباره انتخاب شاخص مناسب با نوع داده‌ها و نیز انتخاب آزمون مناسب استنباطی مربوط به متغیر مدنظر، ابتدا طبیعی بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد. نتایج این آزمون برای متغیرهای پژوهش نشان داد که به‌جز درباره خطای زمان‌بندی حرکت، در سایر متغیرها توزیع داده‌ها طبیعی است؛ بنابراین، برای برای متغیرهای خطاهای فضایی حرکت (پهنای مؤثر هدف)، تعداد تثبیت‌ها، مدت زمان تثبیت‌های بینایی و نرخ تثبیت‌های بینایی، از آزمون تحلیل واریانس درون‌گروهی و برای متغیر خطای زمان‌بندی حرکت از آزمون ناپارامتری فریدمن استفاده شد.

جدول ۱- نتایج آزمون تحلیل واریانس درون‌گروهی ( $2 \times 2 \times 2$ ) برای بررسی تفاوت بین پهنای مؤثر هدف در دشواری‌های فضایی و زمانی مختلف در دست برتر و غیربرتر

**Table 1- Results of intragroup analysis of variance test ( $2*2*2$ ) to examine the difference between the We in different spatial and temporal difficulties in the dominant and non-dominant hand**

منبع source	مجموع مجذورات sum of squares	درجه آزادی df	میانگین مجذورات mean square	F	سطح معناداری Sig	مجذورات Eta squared
دشواری فضایی Spatial difficulty	73.61	1	73.61	3.76	0.070	0.190
دشواری زمانی Temporal difficulty	140.87	1	140.87	7.10	0.017*	0.308

ادامهٔ جدول ۱- نتایج آزمون تحلیل واریانس درون گروهی ( $2 \times 2 \times 2$ ) برای بررسی تفاوت بین پهنای مؤثر هدف در دشواری‌های فضایی و زمانی مختلف در دست برتر و غیربرتر

**Table 1- Results of Intragroup Analysis of Variance Test ( $2*2*2$ ) to Examine the Difference between the We in Different Spatial and Temporal Difficulties in the Dominant and Non-Dominant Hand**

منبع source	مجموع مجذورات sum of squares	درجهٔ آزادی df	میانگین مجذورات mean square	F	سطح معناداری Sig	مجدورات Eta squared
اندام limb	20.29	1	20.29	1.46	0.243	0.084
دشواری فضایی × زمانی Spatial * temporal difficulty	30.95	1	30.95	3.82	0.068	0.193
دشواری فضایی × اندام Spatial * limb difficulty	5.57	1	5.57	0.82	0.37	0.049
دشواری زمانی × اندام temporal difficulty * limb	27.73	1	27.73	2.76	0.114	0.147
دشواری فضایی × زمانی × اندام Spatial * temporal difficulty * limb	74.83	1	74.83	14.92	0.001*	0.483

همان‌طور که در جدول شمارهٔ یک مشاهده می‌شود، یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس درون گروهی نشان داد اثر اصلی دشواری فضایی ( $\eta^2 = 0.190$ ,  $\text{sig} = 0.070$ ,  $F_{(16,1)} = 3.763$ ) بر We معنادار نیست؛ یعنی با وجود تفاوت اندک، از نظر آماری بین تکلیف آسان و دشوار در پهنای مؤثر هدف (We)، صرف‌نظر از نوع زمان حرکتی و اندام برتر یا غیربرتر، تفاوت وجود ندارد؛ به‌طوری‌که میانگین We در تکلیف آسان و دشوار به ترتیب  $11/826$  و  $10/354$  به دست آمد. همچنین اثر اصلی اندام ( $\eta^2 = 0.084$ ,  $\text{sig} = 0.243$ ,  $F_{(16,1)} = 1.468$ ) بر We معنادار نبود؛ یعنی بین اجرای تکلیف با دست برتر و غیربرتر در پهنای مؤثر هدف (We)، صرف‌نظر از نوع دشواری‌ها تفاوت وجود ندارد؛ به‌طوری‌که میانگین We در اجرا با دست برتر و غیربرتر به ترتیب  $10/704$  و  $11/476$  به دست آمد، اما اثر اصلی دشواری زمانی ( $\eta^2 = 0.308$ ,  $\text{sig} = 0.017$ ,  $F_{(16,1)} = 7.109$ ) بر We معنادار بود؛ یعنی بین تکلیف آسان ( $350$  میلی‌ثانیه) و دشوار ( $250$  میلی‌ثانیه) در پهنای مؤثر هدف (We)، صرف‌نظر

از نوع دشواری تکلیف و اندام برتر یا غیربرتر تفاوت وجود دارد. مقایسه‌های توصیفی نشان داد پهنای مؤثر هدف در تکلیف دشوار از تکلیف آسان بیشتر است؛ به طوری که میانگین We در تکالیف آسان و دشوار به ترتیب ۱۰/۰۷۲ و ۱۲/۰۸ به دست آمد. همچنین اثر اصلی دشواری فضایی در دشواری زمانی  $(F_{(16,1)} = 3.828, sig = 0.068, \eta^2 = 0.193)$  و دشواری زمانی در اندام حرکتی  $(\eta^2 = 0.049)$ ،  $0.376 = sig = 0.001, \eta^2 = 0.483)$  و دشواری زمانی در اندام حرکتی  $(F_{(16,1)} = 0.828, sig = 14.927)$  بر We معنادار نبود.

با توجه به اینکه دو الگوی زمانی ۲۵۰ و ۳۵۰ میلی ثانیه تعریف شده بود، خطای زمان بندی با محاسبه اختلاف میانگین فاصله زمانی واقعی ضربات از این الگوها زمانی بر حسب میلی ثانیه محاسبه شد و تحلیل‌های آماری روی این متغیر انجام شد. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها نشان داد داده‌های مربوط به خطای زمان بندی توزیع طبیعی ندارند؛ بنابراین، از آزمون ناپارامتری فریدمن استفاده شد.

جدول ۲- نتایج آزمون فریدمن برای بررسی تفاوت بین خطای زمان بندی در دشواری‌های فضایی و زمانی مختلف در دست برتر و غیربرتر

**Table 2 - Friedman Test Results to Examine the Difference between Timing Error in Different Spatial and Temporal Difficulties in Dominant and Non-Dominant Hand**

سطح معناداری Asymp.Sig	درجه آزادی df	خی-دو Chi.Square	N
0.001	7	61.075	17

جدول ۳- میانگین رتبه‌های آزمون‌ها

**Table 3 - Mean Rank of Tests**

میانگین خطا Mean Error	میانگین رتبه‌ای Mean Rank	آزمون Test
41.29	2.44	آزمون ۱ (تکلیف ساده- زمان ۳۵۰ میلی ثانیه- دست برتر) Test 1 (simple task - 350 milliseconds - dominant hand)
64.88	3.79	آزمون ۲ (تکلیف ساده- زمان ۳۵۰ میلی ثانیه- دست غیربرتر) Test 2 (simple task - 350 milliseconds - nondominant hand)
61.82	2.50	آزمون ۳ (تکلیف ساده- زمان ۲۵۰ میلی ثانیه- دست برتر) Test 3 (simple task - 250 milliseconds - dominant hand)



ادامهٔ جدول ۳- میانگین رتبه‌ای آزمون‌ها

Table 3 –Mean Rank of Tests

میانگین خطا Mean Error	میانگین رتبه‌ای Mean Rank	آزمون Test
80.88	3.94	آزمون ۴ (تکلیف ساده- زمان ۲۵۰ میلی ثانیه- دست غیربرتر) Test 4 (simple task - 250 milliseconds - nondominant hand)
106.82	5.09	آزمون ۵ (تکلیف دشوار- زمان ۳۵۰ میلی ثانیه- دست برتر) Test 5 (difficult task - 350 milliseconds - dominant hand)
106.88	6.12	آزمون ۶ (تکلیف دشوار- زمان ۳۵۰ میلی ثانیه- دست غیربرتر) Test 6 (difficult task- 350 milliseconds- nondominant hand)
93.82	4.59	آزمون ۷ (تکلیف دشوار- زمان ۲۵۰ میلی ثانیه- دست برتر) Test 7 (difficult task - 250 milliseconds - dominant hand)
144.94	7.53	آزمون ۸ (تکلیف دشوار- زمان ۲۵۰ میلی ثانیه- دست غیربرتر) Test 1 (difficult task- 250 milliseconds- nondominant hand)

همان‌طور که نتایج آزمون فریدمن نشان می‌دهد، بین آزمون‌های مختلف در میانگین خطای زمان‌بندی تفاوت معنادار وجود دارد ( $K^2 = 61.075$ ،  $sig = 0.001$ ). مقایسه‌های توصیفی نشان می‌دهد بیشترین خطای زمان‌بندی مربوط به شرایط تکلیف دشوار- زمان ۲۵۰ میلی‌ثانیه- دست غیربرتر (۴۱ میلی‌ثانیه) و کمترین خطای زمان‌بندی مربوط به شرایط تکلیف ساده- زمان ۳۵۰ میلی‌ثانیه- دست برتر (۱۴۴ میلی‌ثانیه) است.

جدول ۴- نتایج آزمون تحلیل واریانس درون گروهی ( $2 \times 2 \times 2$ ) برای بررسی تفاوت بین تعداد تثبیت‌های بینایی در دشواری‌های فضایی و زمانی مختلف در دست برتر و غیربرتر

**Table 4- Results of Intragroup Analysis of Variance Test ( $2*2*2$ ) to Examine the Number of Fixations in Different Spatial and Temporal Difficulties in the Dominant and Non-Dominant Hand**

منبع source	مجموع مجذورات sum of squares	درجه آزادی df	میانگین مجذورات mean square	F	سطح معناداری Sig	مجدورات Eta squared
دشواری فضایی Spatial difficulty	8.007	1	8.007	2.075	0.120	0.145
دشواری زمانی Temporal difficulty	0.596	1	0.596	0.349	0.563	0.021
اندام limb	0.066	1	0.066	0.019	0.891	0.001
دشواری فضایی × زمانی Spatial * temporal difficulty	0.007	1	0.007	0.002	0.964	0.001
دشواری فضایی × اندام Spatial difficulty * limb	0.360	1	0.360	0.172	0.684	0.011
دشواری زمانی × اندام temporal difficulty * limb	7.066	1	7.066	3.994	0.063	0.200
دشواری فضایی × زمانی × اندام Spatial * temporal difficulty * limb	7.066	1	7.066	2.951	0.105	0.156

همان‌طور که در جدول شماره ۴ مشاهده می‌شود، یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس درون گروهی نشان داد اثر اصلی دشواری فضایی ( $F_{(16,1)} = 2.705$ , sig = 0.120,  $\eta^2 = 0.145$ ) دشواری زمانی ( $F_{(16,1)} = 0.349$ , sig = 0.563,  $\eta^2 = 0.021$ ) و اندام ( $F_{(16,1)} = 0.019$ , sig = 0.891,  $\eta^2 = 0.001$ ) بر تعداد تثبیت‌های بینایی معنادار نبود. همچنین اثر اصلی دشواری فضایی در دشواری زمانی ( $F_{(16,1)} = 0.002$ , sig = 0.964,  $\eta^2 = 0.001$ ) و دشواری فضایی در اندام حرکتی ( $F_{(16,1)} = 0.011$ )

3.994, sig = 0.063,  $\eta^2 = 0.200$ ) و دشواری زمانی در اندام حرکتی ( $F_{(16,1)} = 0.172$ , sig = 0.684,  $\eta^2 =$   
 $F_{(16,1)} =$  بر تعداد تثبیت‌های بینایی معنادار نبود.

جدول ۵- نتایج آزمون تحلیل واریانس درون گروهی ( $2 \times 2 \times 2$ ) برای بررسی تفاوت بین زمان تثبیت‌های  
 بینایی در دشواری‌های فضایی و زمانی مختلف در دست برتر و غیربرتر

**Table 5- Results of Intragroup Analysis of Variance Test ( $2*2*2$ ) to Examine the Difference between the Duration of Fixations in Different Spatial and Temporal Difficulties in the Dominant and Non-Dominant Dand**

مجدورات Eta squared	سطح معناداری Sig	F	میانگین مجدورات mean square	درجه آزادی df	مجموع مجدورات sum of squares	منبع source
0.058	0.335	0.986	2714825	1	2714825	دشواری فضایی Spatial difficulty
0.001	0.946	0.005	9306	1	9306	دشواری زمانی Temporal difficulty
0.082	0.248	1.437	3571452	1	3571452	اندام limb
0.021	0.566	0.343	952740	1	952740	دشواری فضایی × زمانی Spatial * temporal difficulty
0.011	0.674	0.183	475660	1	475660	دشواری فضایی × اندام Spatial * difficulty * limb
0.131	0.140	2.406	3769227	1	3769227	دشواری زمانی × اندام temporal difficulty * limb
0.065	0.308	1.107	2083455	1	2083455	دشواری فضایی × زمانی × اندام Spatial * temporal difficulty * limb

همان‌طور که در جدول شماره ۵ مشاهده می‌شود، یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس درون‌گروهی نشان داد اثر اصلی دشواری فضایی ( $F_{(16,1)} = 0.986$ ,  $sig = 0.335$ ,  $\eta^2 = 0.058$ )، دشواری زمانی ( $F_{(16,1)} = 2.705$ ,  $sig = 0.120$ ,  $\eta^2 = 0.001$ ) و اندام ( $F_{(16,1)} = 1.437$ ,  $sig = 0.248$ ,  $\eta^2 = 0.082$ ) و همچنین اثر اصلی دشواری فضایی در دشواری زمانی ( $F_{(16,1)} = 0.674$ ,  $\eta^2 = 0.011$ ) و دشواری فضایی در اندام حرکتی ( $F_{(16,1)} = 0.343$ ,  $sig = 0.566$ ,  $\eta^2 = 0.021$ ) و دشواری زمانی در اندام حرکتی ( $F_{(16,1)} = 0.183$ ,  $sig = 0.140$ ,  $\eta^2 = 0.131$ ) بر زمان تثبیت‌های بینایی معنادار نبود. برای بررسی نرخ تثبیت، زمان کلی تثبیت‌ها بر تعداد تثبیت‌ها تقسیم شد. سپس تجزیه و تحلیل‌های آماری انجام شد.

جدول ۶- نتایج آزمون تحلیل واریانس درون‌گروهی ( $2 \times 2 \times 2$ ) برای بررسی تفاوت بین نرخ تثبیت‌های بینایی در دشواری‌های فضایی و زمانی مختلف در دست برتر و غیربرتر

**Table 6- Results of Intragroup Analysis of Variance Test ( $2*2*2$ ) to Examine the Difference between the Rate of Fixations in Different Spatial and Temporal Difficulties in the Dominant and Non-Dominant Hand**

منبع source	مجموع مجذورات sum of squares	درجه آزادی df	میانگین مجذورات mean square	F	سطح معناداری Sig	مجذور اتا Eta squared
دشواری فضایی Spatial difficulty	3937	1	3937	0.472	0.502	0.029
دشواری زمانی Temporal difficulty	411	1	411	0.040	0.843	0.003
اندام limb	33262	1	33262	5.089	0.038*	0.241
دشواری فضایی × زمانی Spatial * temporal difficulty	4513	1	4513	0.586	0.455	0.035

ادامه جدول ۶- نتایج آزمون تحلیل واریانس درون گروهی (۲ × ۲ × ۲) برای بررسی تفاوت بین نرخ تثبیت‌های بینایی در دشواری‌های فضایی و زمانی مختلف در دست برتر و غیربرتر

**Table 6- Results of Intragroup Analysis of Variance Test (2\*2\*2) to Examine the Difference between the Rate of Fixations in Different Spatial and Temporal Difficulties in the Dominant and Non-Dominant Hand**

منبع source	مجموع مجذورات sum of squares	درجه آزادی df	میانگین مجذورات mean square	F	سطح معناداری Sig	مجذورات Eta squared
دشواری فضایی × اندام Spatial difficulty* limb	1656	1	1656	0.210	0.653	0.013
دشواری زمانی × اندام temporal difficulty* limb	3554	1	3554	0.537	0.474	0.032
دشواری فضایی × زمانی × اندام Spatial * temporal difficulty *limb	95	1	95	0.025	0.875	0.002

همان‌طور که در جدول شماره ۶ مشاهده می‌شود، یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس درون گروهی نشان داد اثر اصلی دشواری فضایی ( $F_{(16,1)} = 0.472$ ,  $sig = 0.502$ ,  $\eta^2 = 0.029$ )، دشواری زمانی ( $F_{(16,1)} = 0.040$ ,  $sig = 0.843$ ,  $\eta^2 = 0.003$ ) بر نرخ تثبیت‌های بینایی معنادار نبود. همچنین اثر اصلی دشواری فضایی در دشواری زمانی ( $F_{(16,1)} = 0.586$ ,  $sig = 0.455$ ,  $\eta^2 = 0.035$ ) و دشواری فضایی در اندام حرکتی ( $F_{(16,1)} = 0.210$ ,  $sig = 0.653$ ,  $\eta^2 = 0.013$ ) و دشواری زمانی در اندام حرکتی ( $F_{(16,1)} = 0.537$ ,  $sig = 0.474$ ,  $\eta^2 = 0.032$ )، ولی اثر اصلی اندام ( $F_{(16,1)} = 0.089$ ,  $sig = 0.038$ ,  $\eta^2 = 0.241$ ) بر نرخ تثبیت‌های بینایی معنادار بود. مقایسه‌های توصیفی نشاد داد در اجرای تکلیف با دست برتر در مقایسه با دست غیربرتر صرف‌نظر از نوع دشواری‌ها، نرخ تثبیت‌های بینایی کمتری وجود دارد؛ به‌طوری‌که میانگین نرخ تثبیت‌های بینایی در اجرا با دست برتر و غیربرتر به ترتیب ۳۸۵ و ۴۱۷ میلی ثانیه به دست آمد؛ یعنی در هنگام اجرای تکلیف با دست برتر مدت زمان کمتری صرف خیره‌شدن به هدف می‌شود.

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد با وجود تفاوت اندک، از نظر آماری بین تکلیف آسان و دشوار در پهنای مؤثر هدف (We)، صرف‌نظر از نوع زمان حرکتی و اندام برتر یا غیربرتر تفاوت وجود نداشت. همچنین بین اجرای تکلیف با دست برتر و غیربرتر در پهنای مؤثر هدف (We)، صرف‌نظر از نوع دشواری‌ها تفاوت وجود نداشت، اما بین تکلیف آسان (۳۵۰ میلی‌ثانیه) و دشوار (۲۵۰ میلی‌ثانیه) از نظر زمانی، در پهنای مؤثر هدف (We)، صرف‌نظر از نوع دشواری فضایی تکلیف و اندام برتر یا غیربرتر تفاوت وجود داشت. مقایسه‌های توصیفی نشان داد پهنای مؤثر هدف در تکلیف سریع از تکلیف کندتر بیشتر بود. از نظر ایستاگوجی و فوکوزاوا (۳۰)، حرکات روزمره ما به‌طور ذاتی با مبادله سرعت-دقت همراه است. دو محدودیت و چالش در چنین حرکتی وجود دارد که یکی حفظ زمان حرکتی ثابت در حال به‌حداقل‌رساندن خطای فضایی و دیگری به‌حداقل‌رساندن هر دو زمان حرکت و خطاست. افزایش پهنای مؤثر هدف یا خطاهای فضایی با افزایش سرعت حرکت را می‌توان با فرضیه نوپز وابسته به سیگنال توضیح داد؛ به‌طوری‌که با افزایش سرعت، تعداد سیگنال‌ها و پیام‌های موتونورونی افزایش می‌یابد و نوپز وابسته به سیگنال نیز افزایش می‌یابد. همچنین نوپزها باعث افزایش خطاهای فضایی در رسیدن اندام به هدف می‌شوند (۱۲). ایستاگوجی و فوکوزاوا (۳۰) بیان کرده‌اند رابطه بین سرعت و دقت را می‌توان با نوپز وابسته به نیرو (۳۱، ۳۲) نیز توضیح داد که با نظریه حرکتی محاسباتی نوپز وابسته به سیگنال فرمان‌های حرکتی (۱۲) سازگار است؛ زیرا، تحمیل افزایش سرعت حرکت به افزایش نیرو نیاز دارد (۱) که خود باعث افزایش نوپزهای وابسته به سیگنال می‌شود.

درباره خطاهای زمان‌بندی در اجرای تکلیف، پژوهش حاضر نتایج نشان داد بین آزمون‌های مختلف در میانگین خطای زمان‌بندی تفاوت معنادار وجود دارد؛ به‌طوری‌که بیشترین خطای زمان‌بندی مربوط به شرایط تکلیف دشوار، زمان ۲۵۰ میلی‌ثانیه (سرعت زیاد) و دست غیربرتر و کمترین خطای زمان‌بندی مربوط به شرایط تکلیف ساده، زمان ۳۵۰ میلی‌ثانیه (سرعت کم) و دست برتر بود. در واقع، هر سه متغیر شاخص دشواری، تغییر سرعت و اندام بر خطاهای زمان‌بندی تأثیر مشهودی داشتند. با افزایش شاخص دشواری، فاصله اهداف افزایش یافت که باعث افزایش نیاز به سرعت حرکت شد. از نظر اشمیت و لی (۱)، در حرکات سریع‌تر خطاهای زمان‌بندی کمتر است که با یافته پژوهش حاضر ناهمخوان است. احتمالاً این ناهمخوانی به این دلیل است که در پژوهش حاضر به‌وسیله مترونوم، زمان کنترل‌شده بود. روزند و همکاران (۲) بیان کرده‌اند افراد برای رسیدن سریع و دقیق به یک هدف ممکن است بین سرعت و دقت دست به انتخاب بزنند؛ در نتیجه، زمان حرکت به‌طور خطی با شاخص

دشواری افزایش می‌یابد (۳۷-۳۳)؛ یعنی با افزایش شاخص دشواری خطاهای زمان‌بندی نیز احتمالاً افزایش می‌یابد که پژوهش حاضر چنین موضوعی را تأیید کرد.

اوناگوا<sup>۱</sup> و همکاران (۳۸) بیان کردند انسان‌ها اغلب ملزوم به تصمیم‌گیری تحت محدودیت‌های زمانی هستند و مبادله سرعت-دقت را براساس محدودیت‌های زمانی تنظیم می‌کنند. مطالعات پیشین نشان داده‌اند چگونه انسان‌ها توانایی تنظیم مبادله سرعت-دقت وابسته به تعدیل زمانی از سود مورد انتظار را دارند. مقایسه‌ای از پاسخ‌های راهبردی بین شرایط آشکار کرد که زمان پاسخ‌ها در وضعیت سود در مقایسه با موقعیت‌های احتمالی ریسک ناسازگار طولانی‌تر است که با فرضیه مبادله هزینه-سود همخوانی دارد. هنگامی که تصمیم‌گیری تحت محدودیت‌های زمانی باشد، نیاز است رقابت بین سرعت و دقت مدنظر قرار گیرد (۳۸). در بسیاری از بازی‌های تویی، بازیکنان باید انتخاب کنند چگونه زیر فشار طاقت‌فرسای زمان حرکت کنند. نمونه‌هایی از این تصمیم‌گیری‌ها در بسکتبال، فوتبال، راگبی و سایر ورزش‌ها دیده می‌شود.

اوناگوا و همکاران (۳۸) بیان کردند هنگامی که زمان برای تصمیم‌گیری کمتر از یک ثانیه است، گردآوری اطلاعات بیشتر درباره یک موقعیت معین سودمند است، ولی هزینه‌ای وابسته به زمان را تحمیل می‌کند؛ باوجوداین، اگر ارزش زمان برای تخصیص گردآوری اطلاعات، بیشتر باشد (به‌عنوان مثال، پرس معمولی یک مدافع)، صرف زمان طولانی‌تر برای تصمیم‌گیری بهتر در مقایسه با عجله برای تصمیم‌گیری، فرد را به ارائه پاسخی بهتر قادر می‌سازد (۳۸)؛ درمقابل، اگر ارزش زمان کمتر تخصیص داده شود (برای مثال، فشار شدید مدافع)، تصمیم‌گیری سریع‌تر ممکن است به نتایج بهتری منجر شود؛ بااین‌حال، بهینه‌سازی تخصیص زمان برای رسیدن به حداکثر عملکرد ضروری است. مطالعات پیشین نشان داد وقتی که انسان‌ها با گزینه کاهش تدریجی زمان روبه‌رو هستند، به‌طور سازگارانه‌ای حرکات و سرعت تصمیم‌شان تغییر خواهد کرد (۳۸). برخی پژوهشگران علاوه بر عملکرد حرکتی ناشی از نویز عصبی-عضلانی، به مفهومی با عنوان «نویز جست‌وجوی اکتشافی»<sup>۲</sup> نیز اشاره کرده‌اند (۳۹، ۴۰)؛ البته آن‌ها این‌دو را در تقابل باهم قرار داده‌اند؛ به‌طوری‌که ایتاگوچی و فوکوزاوا<sup>۳</sup> (۳۰) اشاره کرده‌اند اگر جست‌وجوی اکتشافی آنلاین به اندازه کافی کار کند، می‌تواند اثرهای مفیدی برای غلبه بر زوال دقت ناشی از نویز وابسته به سیگنال داشته باشد که در این صورت مبادله سرعت-دقت نمی‌تواند در مراحل اولیه اجرا مشاهده شود؛ زیرا، در این هنگام سیستم عصبی مرکزی انسان به جست‌وجوی یک راه‌حل بهینه برای کنترل حرکتی از طریق آزمایش و خطا می‌پردازد (۳۰). در جست‌وجو برای یافتن راه‌حل بهینه و مناسب، عملکرد بینایی نقشی حیاتی ایفا می‌کند.

- 
1. Onagawa
  2. Exploratory Search Noises
  3. Itaguchi & Fukuzawa

پارزیاله<sup>۱</sup> و همکاران (۴۱) چگونگی مبادله بین سرعت و دقت را از تعامل بین سیستم‌های عصبی و اسکلتی-عضلانی استخراج کردند. آن‌ها برخلاف برخی پژوهشگران از جمله ایتاگوچی و فوکوزاوا (۳۰)، نشان دادند این مبادله ویژگی ذاتی سیستم عصبی-عضلانی نیست؛ بلکه یک ویژگی رفتاری است که از راهبرد اتخاذشده توسط سیستم عصبی مرکزی برای اجرای حرکات سریع‌تر پدیدار می‌شود. به‌طور ویژه، پارزیاله و همکاران نشان دادند که سرعت یک حرکت آموخته‌شده قبلی به‌وسیله ارتباط چندسیناپسی بین سلول‌های قشری و آلفاموتونورون‌ها تنظیم می‌شود (۴۱).

یافته‌های مربوط به تعداد تثبیت‌های بینایی نشان داد تغییر در دشواری فضایی، دشواری زمانی و اندام بر تعداد و زمان تثبیت‌های بینایی تأثیر معناداری نداشت. نتایج پژوهش در این زمینه با نتایج پژوهش گورمن و همکاران (۲۴) همخوانی دارد، ولی با نتایج پژوهش معینی‌راد و همکاران (۲۵) که تفاوت در تعداد و زمان تثبیت‌ها در سطوح متفاوت مهارتی را گزارش کردند، ناهمخوان است. درباره نرخ تثبیت‌های بینایی نیز تنها تأثیر اندام معنادار بود، به‌طوری‌که در اجرای تکلیف با دست برتر در مقایسه با دست غیربرتر صرف‌نظر از نوع دشواری‌ها، نرخ تثبیت‌های بینایی کمتر بود؛ یعنی شرکت‌کنندگان در هنگام اجرای تکلیف با دست برتر مدت زمان کمتری را صرف خیره‌شدن به هدف کردند. نتایج پژوهش در این زمینه یافته‌های پژوهش معینی‌راد و همکاران را (۲۵) تأیید می‌کند. حرکات هدف‌گیری دستی معمولاً با جهش چشم همراه است که خیرگی فرد را به سمت مکان هدف در اهداف ثابت هدایت می‌کند (۴۶-۴۲). این نوع جهش‌ها اطلاعات بینایی درباره مکان هدف مشاهده‌شده یا پیش‌بینی‌شده برای هدایت حرکت دست فراهم می‌کنند (۵۰-۴۷). کنترل بازخوردی به‌شدت به اطلاعات بینایی وابسته است. علاوه‌براین، چالانکو<sup>۲</sup> (۵۱) نوع دیگری از جهش را در عملکرد حرکت ترسیم خط ساده شناسایی کرده است که در آن یک توالی از جهش‌های چشمی کوچک به‌دقت مسیر حرکت مداد را دنبال می‌کند. وی پیشنهاد کرد این نوع جهش‌ها به کنترل بازخوردی کمک خواهند کرد؛ بنابراین، حداقل دو نوع از جهش‌ها ممکن است با حرکت دست همراه باشند: جهشی که خیرگی فرد را به موقعیت هدف هدایت می‌کند که در طول حرکت دسترسی مشاهده می‌شود و دیگری جهشی است که نگاه فرد را به موقعیت دست هدایت می‌کند که در طول ترسیم یک خط ساده مشاهده می‌شود (۵۲). یک جهش چشم اطلاعات بصری مناسبی را برای کنترل حرکتی فراهم می‌کند. نرخ و تعداد انواع جهش‌ها در طول حرکات به‌شدت به سطح مهارت آزمودنی‌ها وابسته است (۵۲).

به‌نظر می‌رسد نوع تکلیف (۵۲) و سطح مهارت فرد (۵۳) بر زمان و تعداد تثبیت‌ها اثرگذاری بیشتری دارد تا تغییر در دشواری زمانی و فضایی تکلیف. ساکازومه<sup>۳</sup> و همکاران (۵۲) در بررسی نقش

- 
1. Parziale
  2. Tchalenko
  3. Sakazume



جهش‌های بینایی در حرکت دست هنگام ترسیم حرکات دایره‌ای و ضربه‌زنی، جهش‌ها را به دو نوع جهش پیش‌برنده<sup>۱</sup> و جهش نهایی یا گرفتن<sup>۲</sup> بسته به موقعیت نگاه نسبی جهش به وضعیت دست طبقه‌بندی کردند. آن‌ها بیان کردند در یک آزمودنی با سطح مهارت پایین در هنگام اجرای تکلیف ضربه‌زنی، جهش پیش‌برنده چندان وجود ندارد، ولی جهش نهایی یا گرفتن به رخ‌دادن در حرکات کمتر دقیق تمایل دارد و تمایل به دقت حرکتی در حرکات بعدی در ضربه‌زنی بهبود می‌یابد؛ درحالی‌که مسیر خیرگی جهش پیش‌برنده به نقطه هدف در هر دو نوع حرکت صرف‌نظر از سطح مهارت آزمودنی‌ها مشاهده شد (۵۲)؛ براین اساس، به‌وضوح می‌توان چنین استدلال کرد که تعداد و مدت زمان تثبیت‌های بینایی در صورتی که تکلیف چندان متفاوت نباشد، به‌سختی تغییر می‌کند. در پژوهش حاضر هم دشواری زمانی و هم دشواری فضایی تغییرات بارزی نداشته است و از نظر زمانی هردو تکلیف از نوع تکالیف سریع بوده‌اند و بیشتر برمبنای کنترل پیش‌خوانندی انجام شده‌اند تا کنترل بازخوردی. ساکازومه و همکاران (۵۲) بیان کردند از آنجاکه آزمودنی در انجام دادن تکلیف ضربه‌زنی به دلیل اینکه حرکت در زمان کوتاهی انجام می‌شود، به‌شدت بر کنترل پیش‌خوانندی تکیه دارد، دقت مشاهده‌شده تا حد زیادی نشان‌دهنده مؤلفه‌های کنترل پیش‌خوانندی است. کوشش‌هایی که در مرحله کاهش سرعت حرکت دست با جهش بینایی همراه‌اند، از دقت بیشتری برخوردارند (۵۱). جهت اولیه حرکت دست نشان‌دهنده کنترل پیش‌خوانندی است (۵۲). به‌نظر می‌رسد در هنگام اجرای تکلیف ضربه‌زنی با دست برتر اطلاعات پیش‌خوانندی بینایی سریع‌تر در اختیار سیستم عصب-عضلانی قرار می‌گیرد. پیشنهاد شده است افراد در هنگام انجام دادن حرکات دست برتر از پیش‌بینی بهتری در پویایی بین‌بخشی برخوردارند (۵۶-۵۴). همچنین تصویربرداری حرکتی از مکانیسم‌های پیش‌بینانه شناخته‌شده (۵۷) اشاره دارد که دست غالب دقت بیشتری در اجرای پیش‌بینانه حرکات دارد (۵۸). این یافته‌ها نشان می‌دهد توانایی اجرای حرکت به‌صورتی پیش‌خوانندی و پیش‌بینانه با دست برتر، بیشتر است. احتمالاً این موضوع نیازمندی به مدت زمان خیره‌شدن یا نرخ تثبیت‌ها هنگام اجرا با دست برتر در مقایسه با دست غیربرتر را کاهش می‌دهد؛ باوجوداین، متئو<sup>۳</sup> و همکاران (۵۹) نشان دادند هرچند پیگیری با دست برتر از دست غیربرتر دقیق‌تر است، ولی در ردیابی چشم از نظر صفات فضایی و زمانی، بین هنگام انجام حرکت به‌سمت هدف با دست برتر یا غیربرتر تفاوتی نیافتند. این نتایج شواهد قبلی را برای سطوح مختلف کنترل توسط دو دست گسترش داد، اما نشان می‌دهد که توانایی پیش‌بینی پیامدهای بینایی از اعمال خودتولیدی به دست‌برتری بستگی ندارد (۵۹). آن‌ها

- 
1. Leading Saccade (LS)
  2. Catching Saccade (CS)
  3. Mathew

پیشنهاد کردند مهارت بیشتری که در دست برتر در بسیاری از تکالیف حرکتی دیده می‌شود، ناشی از کنترل بهتر است نه پیش‌بینی؛ زیرا، پیش‌بینی و کنترل فرایندهای جداگانه‌ای اند (۵۹). به‌طور کلی، در تکالیف مداوم ضربه‌زنی سریع، خطاهای زمانی بیش از خطاهای فضای تحت‌تأثیر دشواری تکلیف و دست‌برتری قرار می‌گیرند. با دشوار شدن تکالیف، خطاهای زمان‌بندی افزایش می‌یابد. همچنین در هنگام اجرای تکلیف با دست برتر علاوه بر اینکه خطاهای فضایی و تغییرپذیری حرکتی کمتر است، مدت زمان کمتری نیز صرف خیره‌شدن به هدف می‌شود؛ بنابراین، به‌نظر می‌رسد هنگام اجرا ارتباط تنگاتنگی بین فرایندهای بینایی با چالاک‌ی دستی و برتری دستی وجود دارد.

### منابع

- Schmidt RA, Lee TD. Motor learning and performance: From principles to application. 5th éd. Champaign, IL: Human Kinetics; 2014. p. 203-205.
- Rozand V, Lebon F, Papaxanthis C, Lepers R. Effect of mental fatigue on speed-accuracy trade-off. *Neuroscience*. 2015; 297:219-30.
- Bogacz R, Wagenmakers EJ, Forstmann BU, Nieuwenhuis S. The neural basis of the speed-accuracy tradeoff. *Trends in Neurosciences*. 2009;33(1):10-6.
- Heitz RP. The speed-accuracy tradeoff: history, physiology, methodology, and behavior. *Frontiers in Neuroscience*. 2014; 8:150. P. 1-19.
- Shadmehr R, De Xivry JJ, Xu-Wilson M, Shih TY. Temporal discounting of reward and the cost of time in motor control. *Journal of Neuroscience*. 2010;30(31):10507-16.
- Rigoux L, Guigon E. A model of reward-and effort-based optimal decision making and motor control. *PLoS Comput Biol*. 2012;8(10): e1002716.
- Young WB, Bilby GE. The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power, and hypertrophy development. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 1993;7(3):172-8.
- Green L, Myerson J. A discounting framework for choice with delayed and probabilistic rewards. *Psychological bulletin*. 2004;130(5):769-794.
- Asai T, Sugimori E, Tanno Y. Two agents in the brain: Motor control of unimanual and bimanual reaching movements. *PloS One*. 2010;5(4): e10086.
- Stöckel T, Weigelt M. Brain lateralisation and motor learning: Selective effects of dominant and non-dominant hand practice on the early acquisition of throwing skills. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*. 2012;17(1):18-37.
- Latash M L. *Neurophysiological Basis of Movement*. 2nd ed. Human Kinetics. 2008. p. 111-5.
- Harris CM, Wolpert DM. Signal-dependent noise determines motor planning. *Nature*. 1998;394(6695):780-4.
- Lunardini F, Bertucco M, Casellato C, Bhanpuri N, Pedrocchi A, Sanger TD. Speed-accuracy trade-off in a trajectory-constrained self-feeding task: a quantitative index of unsuppressed motor noise in children with dystonia. *Journal of Child Neurology*. 2015;30(12):1676-85.

14. Hüttermann S, Noël B, Memmert D. Eye tracking in high-performance sports: Evaluation of its application in expert athletes. *International Journal of Computer Science in Sport*. 2018;17(2):182-203.
15. Williams AM, Ward P, Smeeton N. Perceptual and cognitive expertise in sport: Implications for skill acquisition and performance enhancement. In: *Skill acquisition in sport: Research, theory and practice*. London: Routledge; 2004. p. 328-48.
16. Vickers JN. Perception, cognition, and decision training: The quiet eye in action. United States: Human Kinetics; PO.Box 5076. 2007. P, 57-58.
17. Abernethy B. Attention. In: Singer NR, Hausenblas HA, Janelle CM, editors. *Handbook of sport psychology*. 2nd ed. New York: Wiley & Sons; 2011. p. 53-85.
18. Williams AM, Davids K, Williams JG. *Visual perception and action in sport*. Taylor & Francis; 1999.
19. Sharifi Z, Meshkati Z, Sadeghi E. The impact of prismatic adaptation of visual system on postural control and dart throwing precision. *Motor Behavior*. 2018;9(30):101-14. (In Persian).
20. Hinder MR, Riek S, Tresilian JR, de Rugy A, Carson RG. Real-time error detection but not error correction drives automatic visuomotor adaptation. *Experimental Brain Research*. 2010;201(2):191-207.
21. Harris CM, Wolpert DM. The main sequence of saccades optimizes speed-accuracy trade-off. *Biological Cybernetics*. 2006;95(1):21-9.
22. Manohar SG, Muhammed K, Fallon SJ, Husain M. Motivation dynamically increases noise resistance by internal feedback during movement. *Neuropsychologia*. 2019; 123:19-29.
23. Kellogg RT. Long-term working memory in text production. *Memory & Cognition*. 2001;29(1):43-52.
24. Gorman AD, Abernethy B, Farrow D. Evidence of different underlying processes in pattern recall and decision-making. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2015;68(9):1813-31.
25. Moeinirad S, Abdoli B, Farsi A, Ahmadi N. Comparing visual search behavior among the expert and near expert players in basketball jump shots: An Ex Post Facto Study. *J Res Rehabil Sci*. 2017;13(6):303-8.
26. Oldfield RC (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 9: 97-113.
27. Alipour, A. Aliakbari, M. Imanifar H. Zeraatkar, E. A study of the effect of handedness, sex and age on the time perception. *Journal of Cognitive Psychology*. 2014;2(2): 18-26.
28. Lai ML, Tsai MJ, Yang FY, Hsu CY, Liu TC, Lee SW, et al. A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012. *Educational research review*. 2013; 10:90-115.
29. Taghizade A, Aghakasiri Z. Eye-Tracking method' usage for understanding the cognitive processes in multimedia learning. *Bi-Quarterly Journal of Educational Studies NAMA*. 2018;6(1):41-51. (In Persian).
30. Itaguchi Y, Fukuzawa K. Influence of speed and accuracy constraints on motor learning for a trajectory-based movement. *Journal of Motor Behavior*. 2018;50(6):653-63.

31. Schmidt RA, Zelaznik H, Hawkins B, Frank JS, Quinn Jr., J. T. Motor-output variability: A theory for the accuracy of rapid motor acts. *Psychological Review*. 1979;86(5):415–451.
32. Zelaznik, H. N., Mone, S., McCabe, G. P., & Thaman, C. (1988). Role of temporal and spatial precision in determining the nature of the speed-accuracy trade-off in aimed-hand movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14(2), 221–230.
33. Fernani DCGL, Prado MTA, Silva TD, Massetti T, Abreu LC, Magalhães FH, et al. Evaluation of speedaccuracy trade-off in a computer task in individuals with cerebral palsy: A cross-sectional study. *BMC Neurol*. 2017;17(1):143.
34. Plamondon R, Alimi AM. Speed/accuracy trade-offs in target-directed movements. *Behavioral and Brain Sciences*. 1997;20(2):279-303.
35. Bakker M, De Lange FP, Stevens JA, Toni I, Bloem BR. Motor imagery of gait: A quantitative approach. *Experimental Brain Research*. 2007;179(3):497-504.
36. Personnier P, Kubicki A, Laroche D, Papaxanthis C. Temporal features of imagined locomotion in normal aging. *Neuroscience Letters*. 2010;476(3):146-9.
37. Kourtis D, Sebanz N, Knoblich G. EEG correlates of Fitts's law during preparation for action. *Psychological Research*. 2012;76(4):514-24.
38. Onagawa R, Shinya M, Ota K, Kudo K. Risk aversion in the adjustment of speed-accuracy tradeoff depending on time constraints. *Scientific Reports*. 2019;9(1):1-2.
39. Izawa J, Shadmehr R. Learning from sensory and reward prediction errors during motor adaptation. *PLoS Comput Biol*. 2011;7(3):e1002012.
40. Wolpert DM, Ghahramani Z, Flanagan JR. Perspectives and problems in motor learning. *Trends in Cognitive Sciences*. 2001;5(11):487-94.
41. Parziale A, Senatore R, Marcelli A. Exploring speed–accuracy tradeoff in reaching movements: a neurocomputational model. *Neural Computing and Applications*. 2020:1-27.
42. Abrams RA, Meyer DE, Kornblum S. Eye-hand coordination: Oculomotor control in rapid aimed limb movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1990;16(2):248-67.
43. Frens MA, Erkelens CJ. Coordination of hand movements and saccades: evidence for a common and a separate pathway. *Experimental Brain Research*. 1991;85(3):682-90.
44. Bekkering H, Adam JJ, van den Aarssen A, Kingma H, Whiting HJ. Interference between saccadic eye and goal-directed hand movements. *Experimental Brain Research*. 1995;106(3):475-84.
45. Helsen WF, Elliott D, Starkes JL, Ricker KL. Temporal and spatial coupling of point of gaze and hand movements in aiming. *Journal of Motor Behavior*. 1998;30(3):249-59.
46. Lünenburger L, Kutz DF, Hoffmann KP. Influence of arm movements on saccades in humans. *European Journal of Neuroscience*. 2000;12(11):4107-16.
47. Beaubaton D, Hay L. Contribution of visual information to feedforward and feedback processes in rapid pointing movements. *Human Movement Science*. 1986;5(1):19-34.
48. Desmurget M, Grafton S. Forward modeling allows feedback control for fast reaching movements. *Trends in Cognitive Sciences*. 2000;4(11):423-31.

49. Saunders JA, Knill DC. Humans use continuous visual feedback from the hand to control fast reaching movements. *Experimental Brain Research*. 2003;152(3):341-52.
50. Thaler L, Goodale MA. The role of online visual feedback for the control of target directed and allocentric hand movements. *Journal of Neurophysiology*. 2011;105(2):846-59.
51. Tchalenko J. Eye movements in drawing simple lines. *Perception*. 2007;36(8):1152-67.
52. Sakazume Y, Furubayashi S, Miyashita E. Functional roles of saccades for a hand movement. *Applied Sciences*. 2020;10(9):1-2.
53. Shirmehenji F, Namazizadeh M, Sheikh M, Rafiee S. The role of visual search behavior and the verbal report in anticipation skill of skilled and semi-skilled badminton players in smash hits. *J Res Rehabil Sci*. 2018;14(5):275-82.
54. Sainburg RL, Kalakanis D. Differences in control of limb dynamics during dominant and nondominant arm reaching. *Journal of Neurophysiology*. 2000;83(5):2661-75.
55. Pigeon P, DiZio P, Lackner JR. Immediate compensation for variations in self-generated Coriolis torques related to body dynamics and carried objects. *Journal of Neurophysiology*. 2013;110(6):1370-84.
56. Sainburg RL. Convergent models of handedness and brain lateralization. *Frontiers in Psychology*. 2014; 5:1-14.
57. Kilteni K, Andersson BJ, Houborg C, Ehrsson HH. Motor imagery involves predicting the sensory consequences of the imagined movement. *Nature Communications*. 2018;9(1):1-9.
58. Gandrey P, Paizis C, Karathanasis V, Gueugneau N, Papaxanthis C. Dominant vs. nondominant arm advantage in mentally simulated actions in right handers. *Journal of Neurophysiology*. 2013;110(12):2887-94.
59. Mathew J, Sarlegna FR, Bernier PM, Danion FR. Handedness matters for motor control but not for prediction. *Eneuro*. 2019, 6(3): 1–13.

#### استناد به مقاله

غلامی ساره، شتاب بوشهری سیده‌ناهد، دوستان محمدرضا. بررسی مؤلفه‌های ردیابی بینایی و میزان خطای فضایی و زمانی در تکلیف هدف‌گیری دوطرفه با دست برتر و غیربرتر. رفتار حرکتی. زمستان ۱۳۹۹؛ ۱۲(۴۲): ۶۰-۱۳۱. شناسه دیجیتال: 10.22089/mbj.2020.9295.1908

Gholami S, Shetab Bousheri S. N, Doustan M. R. The Investigate the Components of Visual Tracking and the Amount of Spatial and Temporal Error in the Bilateral Targeting Task with Dominant and Non-Dominant Hands. *Motor Behavior*. Winter 2020; 12 (42): 131-60. (In Persian). Doi: 10.22089/mbj.2020.9295.1908