New Researches in the Smart City
Vol 2 (Issue 2), 68-75
Nrsc.apadana.ac.ir

Apadana Institute of Higher Education

# Identification of Movements of Individuals with Disabilities in Interactive Physiotherapy Environment Using Cognitive Science Approach Through Artificial Intelligence

**Sattar Gheiratmand*** Faculty of Management, Islamic Azad University, Qeshm Branch, Iran.

**Soheila Deldari** Cognitive Physiotherapy Startup Team, Shiraz, Iran.

Received: 27/December/2023
Accepted: 19/February/2024
ISSN: 2980-8936

## Abstract

This paper investigates the role of artificial intelligence technology and cognitive science in enhancing the accuracy and efficiency of physiotherapy. A cognitive science approach combined with artificial intelligence is utilized to identify and record movements of individuals with disabilities and improve the interactive environment. By improving the system's accuracy to 99% in identifying simple movements and 92% in complex movements, significant improvements in the physiotherapy process have been achieved. The precise coordination between camera and video projector modules enables the enhancement of a multidimensional movement experience and provides physiotherapists with accurate and up-to-date information regarding the movements of individuals with disabilities. The paper concludes with suggestions for further improvements in motion detection technology and educational insights for physiotherapists.

**Keywords:** cognitive science, physiotherapy, interactive system, movement recognition

* Corresponding Author: ceo@phoenix.ir

فصلنامه پژوهش‌های نوین در شهر هوشمند
دوره ۲، شماره ۲، زمستان ۱۴۰۲، ۶۸-۷۵
Nrsc.apadana.ac.ir

مؤسسه آموزش عالی آپادانا
غیر دولتی - غیر انتفاعی

# شناسایی حرکات توان‌خواهان در محیط تعاملی فیزیوتراپی با رویکرد علوم شناختی به‌وسیله هوش مصنوعی

**ستار غیرتمند***
دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قشم، ایران.

**سهیلا دلداری**
تیم استارتاپی فیزیوتراپی شناختی، شیراز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰
ISSN: 2980-8936

## چکیده

این مقاله به بررسی نقش تکنولوژی هوش مصنوعی و علوم شناختی در ارتقاء دقت و کارایی فیزیوتراپی پرداخته است. از رویکرد علوم شناختی و هوش مصنوعی برای شناسایی و ضبط حرکات توان‌خواهان و همچنین، ارتقاء محیط تعاملی استفاده شده و با بهبود دقت سیستم به میزان ۹۹ درصد در شناسایی حرکات ساده و ۹۲ درصد در حرکات پیچیده، توانسته است پیشرفت‌های قابل‌توجهی را در فرآیند فیزیوتراپی ایجاد کند. ماژول‌های دوربین و ویدیو پروژکتور با هماهنگی دقیق، امکان ارتقاء تجربه تحرک چندبعدی را فراهم کرده و به فیزیوتراپیست‌ها اطلاعات دقیق و به‌روزی را درباره حرکات توان‌خواهان ارائه می‌دهد. در بخش نتیجه‌گیری، پیشنهادهایی جهت بهبودهای بیشتر در تکنولوژی تشخیص حرکات و نکات آموزشی برای فیزیوتراپیست‌ها ارائه شده است.

**کلیدواژه‌ها:** علوم شناختی، فیزیوتراپی، محیط تعاملی، شناسایی حرکات

* نویسنده مسئول: ceo@phoenix.ir

## مقدمه

در دهه‌های اخیر، با پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه فناوری و علوم پزشکی، اهمیت فیزیوتراپی به‌عنوان یک روش مؤثر در بهبود کیفیت زندگی افراد با محدودیت‌های جسمی و توانمندی‌های مختلف افزایش یافته است (Ostelo 2020). این افراد که به‌عنوان توان‌خواهان شناخته می‌شوند، نیاز به روش‌های متنوع فیزیوتراپی دارند تا بتوانند بهبود حالت جسمی و عملکرد حرکتی خود را تجربه کنند (Verhagen, 2021). با وجود این، افزایش استفاده از هوش مصنوعی به‌عنوان یک ابزار نوین در تحلیل حرکات و ژست‌ها در جلسات فیزیوتراپی به‌عنوان یک نیازمندی جدید مطرح شده است. هوش مصنوعی به‌عنوان یک دیدگاه نوین در علوم کامپیوتر و مهندسی، این امکان را فراهم می‌کند تا فیزیوتراپی بر اساس داده‌های دقیق و تحلیل‌های هوشمندانه انجام شده و نتایج بهتری را برای توان‌خواهان فراهم آورد (Rowe, 2022).

در این مقاله، تمرکز بر روی شناسایی حرکات و ژست‌های توان‌خواهان در فیزیوتراپی بر اساس رویکرد علوم شناختی با بهره‌گیری از هوش مصنوعی خواهد بود. این ترکیب از فناوری‌های مدرن به ما این امکان را می‌دهد تا به‌طور دقیق‌تر و تخصصی‌تر به نیازهای حرکتی هر فرد توان‌خواه پاسخ دهیم و این افراد را در مسیر درصد بهبودی بالاتر هدایت کنیم (Law, 2020). با بررسی این مسئله از زوایای مختلف، این مقاله به دنبال ارائه یک دید جامع و کاربردی در زمینه فیزیوتراپی بر اساس تجزیه‌وتحلیل حرکات توان‌خواهان با بهره‌گیری از هوش مصنوعی در یک محیط تعاملی است. این پژوهش قصد دارد با ارائه نتایج تازه و مفید، توسعه بیشتری به این حوزه فوق‌العاده مهم بخشیده و راهکارهای نوینی را برای بهبودی فرایند فیزیوتراپی فراهم آورد. در فصل دوم، مروری بر ادبیات این حوزه خواهیم داشت و در فصل سوم، روش پیشنهادی این مقاله ارائه خواهد شد. در فصل‌های بعدی نیز نتایج، تحلیل، نتیجه‌گیری و پیشنهادها خواهد آمد.

## پیشینه پژوهش

علوم شناختی به ما این امکان را می‌دهد تا با استفاده از مفاهیمی نظیر حافظه، توجه و پردازش اطلاعات، به درک بهتری از رفتار حرکتی افراد برسیم. این تفاهم عمیق‌تر از جنبه‌های شناختی حرکات، امکان بهبود دقت در تحلیل و تفسیر حرکات را فراهم می‌کند. حرکات و ژست‌ها دارای ساختار پیچیده‌ای بوده که نیازمند فهم عمیق در مورد روابط بین عوامل مختلف است. علوم شناختی با ارائه مدل‌ها و تئوری‌هایی برای تفسیر و پردازش داده‌های پیچیده حرکات، ما را در جهت دقت بیشتر در شناسایی و تحلیل حرکات هدایت می‌کند. حرکت‌های افراد، نه‌تنها وابسته به وضعیت جسمی فرد بوده بلکه تحت تأثیر وضعیت روحی و روانی او نیز قرار دارند. نگرش و احساسات فرد توان‌خواه می‌توانند تأثیرات زیادی بر حرکات او داشته باشند (Vega-Avila, 2022). علوم شناختی به ما امکان می‌دهد این تأثیرات را در تحلیل حرکات در نظر بگیریم و بهترین راهکارها را برای ارتقاء فرایند فیزیوتراپی ارائه دهیم. ضمن اینکه افراد توان‌خواه از فرهنگ‌ها و تجارب متفاوتی برخوردارند که می‌تواند تأثیر مهمی در نحوه حرکت آن‌ها داشته باشد. علوم شناختی، این ابعاد فرهنگی و تجربی را در تحلیل حرکات مدنظر قرار می‌دهد و به تعیین بهترین راهکارهای فیزیوتراپی برای هر فرد کمک می‌کند (Barrett, 2020).

با استفاده از هوش مصنوعی و الگوریتم‌های پیشرفته تشخیص تصویر، می‌توان حرکات بدن را با دقت بالا تجزیه‌وتحلیل کرد. سامانه‌های هوش مصنوعی می‌توانند نقاط کلیدی در حرکات را شناسایی کنند و اطلاعات دقیقی در مورد میزان انعطاف‌پذیری و قابلیت حرکت افراد توان‌خواه فراهم آورند (Duan, 2022). هوش مصنوعی به‌عنوان یک ابزار تجزیه‌وتحلیل داده قدرتمند، می‌تواند برنامه‌های فیزیوتراپی را بر اساس نیازها و ویژگی‌های هر فرد توان‌خواه

شخصی‌سازی کند. این شخصی‌سازی، درصد بهبود کارایی و اثربخشی فرایند فیزیوتراپی را افزایش می‌دهد. با تجزیه‌وتحلیل داده‌های عظیم، سامانه‌های هوش مصنوعی قادر هستند تحولات در حالت فیزیکی فرد را پیش‌بینی کنند. این اطلاعات پیش‌بینی، امکان اعمال تغییرات بهینه در برنامه‌های فیزیوتراپی را به‌منظور افزایش بهره‌وری فرآیند درمان فراهم می‌کند. همچنین به کمک هوش مصنوعی، سامانه‌های فیزیوتراپی می‌توانند به‌صورت بلادرنگ با بیماران یا افراد توان‌خواه در ارتباط باشند. این ارتباط مستمر، امکان انجام تغییرات فوری در برنامه‌ها و تنظیمات را بر اساس وضعیت جاری فرد فراهم می‌کند (Hellsten, 2021). علاوه بر آن، هوش مصنوعی می‌تواند از پردازش زبان طبیعی برای تفسیر بازخوردها و گزارش‌های فرد توان‌خواه استفاده کند. این قابلیت به تیم فیزیوتراپی کمک می‌کند تا بهترین راهکارها را بر اساس اطلاعات گفتاری و نظرات فراهم آورند (Aziz, 2023).

دقت در شناسایی حرکات به افراد توان‌خواه و فیزیوتراپیست‌ها امکان می‌دهد تا نقاط ضعف و قوت بدنی فرد را با دقت تعیین نموده و برنامه درمانی متناسب با این نقاط را تهیه کنند. این امر باعث می‌شود درمان مؤثرتر و هدفمندتری ارائه شود. هر فرد دارای ویژگی‌ها و شرایط حرکتی خاصی است. با داشتن دقت در شناسایی حرکات می‌توان برنامه‌های فیزیوتراپی را به شکلی شخصی‌سازی کرد که با نیازها و ویژگی‌های فرد توان‌خواه هماهنگ باشد. برای ارزیابی تأثیر برنامه‌های فیزیوتراپی و پیشرفت افراد توان‌خواه، دقت در شناسایی حرکات، یک ضرورت است. اطلاعات دقیق از تغییرات در حرکات، به فیزیوتراپیست‌ها کمک می‌کند پیشرفت فرد را به شکل دقیق‌تر اندازه‌گیری و تنظیمات برنامه‌ها را بازبینی کنند. در بسیاری از حالت‌ها، نیاز به تحلیل ریزحرکات و جزئیات آن‌ها احساس می‌شود. دقت در شناسایی حرکات، این امکان را فراهم می‌کند که از تکنیک‌های دقیق‌تری برای ارتقاء جزئیات حرکات در برنامه‌های فیزیوتراپی استفاده شود. اشتباهات در تشخیص حرکات می‌توانند به فرد آسیب برسانند و باعث کندی در فرآیند بهبود او شوند. دقت در شناسایی حرکات کمک می‌کند این اشتباهات به حداقل رسانده شوند و فرایند فیزیوتراپی با اعتمادبه‌نفس‌تر و مؤثرتر ادامه یابد. داده‌های حاصل از حرکات، اطلاعات دقیق و کاملی را از حرکات بدن فرد فراهم می‌کنند. این اطلاعات به فیزیوتراپیست‌ها امکان می‌دهند تا نقاط ضعف و تحولات در حرکات فرد را با دقت بیشتری ارزیابی کنند (Kim, 2023).

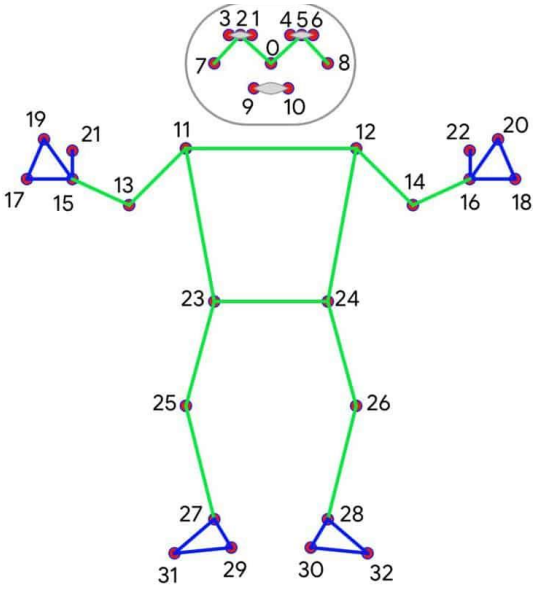
داده‌های حرکات زمانی، کمک می‌کنند ما بتوانیم تغییرات و پیشرفت فرد را در طول زمان با دقت مشاهده کنیم. این پردازش، فیزیوتراپیست‌ها را قادر می‌سازد تا برنامه‌های فیزیوتراپی را بر اساس تحولات دینامیکی فرد به‌روزرسانی کنند. اطلاعات زاویه حرکت اندام‌ها و محدودیت‌های حرکتی می‌تواند به فیزیوتراپیست‌ها کمک کند تا نقاط قوت و ضعف حرکتی را به‌صورت دقیق‌تر تعیین نموده و درمان متناسب با آن را ارائه دهند. داده‌های حاصل از حرکات می‌توانند به‌عنوان وسیله‌ای برای ارائه بازخورد زیستی عمل کنند. این فیدبک به افراد توان‌خواه کمک می‌کند تا در حین انجام تمرینات، حرکات صحیح را تشخیص دهند و بهبود پیشرفت خود را متوجه شوند. با تجمیع داده‌های حاصل از حرکات می‌توان اهداف مشخص و معیارهای کمّی بهبودی را تنظیم کرد. این اطلاعات به فیزیوتراپیست‌ها کمک می‌کند تا بر اساس اهداف مشخص، برنامه‌های فیزیوتراپی را طراحی و ارزیابی نمایند (Barzegar, 2023). همچنین، از طریق داده‌های حاصل از حرکات می‌توان به‌صورت تعاملی با فرد درمانی ارتباط برقرار کرد. این تعامل به فرد کمک می‌کند مشارکت بیشتری در فرآیند درمانی داشته و از تمرینات بهتری بهره‌مند شود. با استفاده از داده‌های حاصل از حرکات می‌توان به شفافیت بیشتری در میان فیزیوتراپیست‌ها و فرد توان‌خواه نیز دست یافت. این اطلاعات باعث همکاری بیشتر و تعامل مثبت بین فرددرمانی و تیم‌درمانی می‌شود (Celesti, 2020).

یکی از جوانب مهم و اساسی در فیزیوتراپی، تأکید بر انطباق با نیازهای هر فرد است. این انطباق به معنای شخصی‌سازی برنامه‌های درمانی بر اساس ویژگی‌ها، نیازها و اهداف هر فرد توان‌خواه است. برای انطباق بهتر با نیازهای

هر فرد، ابتدا نیاز به ارزیابی دقیق از شخصیت و وضعیت فیزیکی فرد وجود دارد. این ارزیابی، اطلاعات مهمی ازجمله تاریخچه پزشکی، توانمندی‌ها و محدودیت‌های فیزیکی فرد را فراهم می‌کند. فهم دقیق از هدف‌های فرددرمانی، یک ضرورت است. هدف‌های یک فرد توان‌خواه ممکن است شامل بهبود حرکت، کاهش درد، افزایش استقامت یا بهبود عملکرد در فعالیت‌های روزمره باشد. این هدف‌ها باید در تدوین برنامه‌های فیزیوتراپی در نظر گرفته شوند. افراد توان‌خواه ممکن است نیاز به رویکردها و تمرینات خاصی داشته باشند. احترام به تجربیات فرد از اهمیت بالایی برخوردار است تا بتوان به برنامه‌های هماهنگ با تجربیات و نیازهای او دست یافت. هر فرد ممکن است اولویت‌ها و نیازهای خود را با توجه به شرایط و وضعیت فعلی خود مشخص کند. توجه به این اولویت‌ها در تدوین برنامه‌های فیزیوتراپی باعث افزایش مطلوبیت و هماهنگی بیشتر خواهد شد (Dang, 2020). برقراری ارتباط فعال با فرد توان‌خواه و دریافت بازخورد مداوم از او، امکان بهبود برنامه‌ها و انطباق بهتر با نیازها را فراهم می‌کند. تعامل مستمر با فرد توان‌خواه به او اطمینان می‌دهد که برنامه درمانی واقعاً به بهبودی و نیازهای او خدمت می‌کند. در طراحی برنامه‌های فیزیوتراپی، مهم است که میزان تحمل و استقامت فرد در نظر گرفته شود. این میزان باید با توجه به شرایط فیزیکی و حالت کلی فرد تعیین شده و برنامه‌ها به‌گونه‌ای طراحی شوند که متناسب با توانایی فرد باشند. استفاده از فناوری‌های پیشرفته و سامانه‌های هوش مصنوعی به‌عنوان ابزار تشخیصی، امکان بهینه‌سازی برنامه‌ها و ارائه تمرینات شخصی‌سازی را بیشتر می‌کند. این ابزارها می‌توانند با توجه به وضعیت فرد، تحولات را پیش‌بینی و برنامه‌ها را به‌روز کنند. انطباق با نیازهای هر فرد ممکن است به ترکیب درمان‌های مختلف نیاز داشته باشد. ترکیب فیزیوتراپی با سایر روش‌های درمانی مثل تغذیه، تمرینات ارتقاء حرکتی و روش‌های تکمیلی می‌تواند به بهبود کلی وضعیت فرد کمک کند (Jegham, 2020).

## روش پیشنهادی

در این بخش در مورد روش پیشنهادی صحبت خواهیم کرد. چگونگی انجام فعالیت‌های این پژوهش در ادامه آمده است. در فرآیند تشخیص نقاط مختلف بدن فرد توان‌خواه، از کتابخانه مدیاپایپ به‌عنوان یک ابزار پردازش تصویر استفاده شده است. این کتابخانه این امکان را می‌دهد تا نقاط مختلف بدن، با دقت بالا تشخیص داده شده و حرکات به‌صورت دقیق ردگیری شوند. برای استفاده از این کتابخانه، به یک ماژول دوربین و یک سیستم کامپیوتری نیاز داریم. همچنین، با استفاده از ماژول دوربین، کاربران نهایی سیستم می‌توانند حرکات توان‌خواهان را ضبط کرده و به‌صورت هم‌زمان با استفاده از یک ماژول ویدیو پروژکتور، تصاویری را بر روی سطوح مختلف نمایش دهند. این قابلیت به فیزیوتراپیست‌ها کمک می‌کند تا انگیزه و روحیه فرد توان‌خواه را در شرایط مختلف افزایش دهند و او را در فرآیند تحرک به شکلی بهتر هدایت کنند. دوربین مورد استفاده در سیستم، یک ماژول دوربین تحت وب بوده که تصاویر را به‌وسیله هوش مصنوعی تحلیل می‌کند. به این ترتیب، سیستم، قابلیت شناسایی حرکات به‌صورت دقیق و با دقت مناسب را خواهد داشت. این دوربین با توانایی زوم و فوکوس، قادر به ضبط جزئیات حرکات فرد توان‌خواه با استفاده از کتابخانه مدیاپایپ است. این تکنولوژی، این امکان را به فیزیوتراپیست‌ها می‌دهد که حرکات مختلف بدن را با دقت بسیار بالا ثبت نموده و مورد تحلیل قرار دهند. در تصویر شماره ۱ می‌توانید مواردی را مشاهده کنید که توسط سیستم مدیاپایپ استخراج شده است.




تصویر ۱. استخراج نقاط مهم بدن توسط مدیاپایپ

ماژول ویدیو پروژکتور در این سیستم به‌عنوان یک ابزار ارتباط بصری حیاتی عمل می‌کند. ویدیو پروژکتور، تصاویر مرتبط با تحرکات و تمرینات را بر روی سطوح مختلف نمایش می‌دهد. این تصاویر می‌توانند به‌عنوان یک منبع انگیزش و روحیه برای فرد توان‌خواه عمل کنند و او را به انجام تمرینات و حرکات مشخص هدایت نمایند. همچنین، ویدیو پروژکتور قابلیت نمایش دقیق حرکات توان‌خواهان را در زمان واقعی دارد که به فیزیوتراپیست‌ها این امکان را می‌دهد تا فرایند بهبود را به‌صورت لحظه‌ای مشاهده و ارزیابی کنند. ماژول‌های دوربین و ویدیو پروژکتور به‌صورت هماهنگ با یکدیگر عمل می‌کنند. داده‌های پردازش‌شده از اطلاعات ضبط‌شده توسط دوربین منجر به تولید تصاویری می‌شود که به‌وسیله ویدیو پروژکتور نمایش داده می‌شوند. این تعامل، امکان ایجاد یک تجربه تحرک چندبعدی و واقعی‌تر را برای فرد توان‌خواه فراهم می‌کند. به این ترتیب، فرد می‌تواند حرکات خود را به‌صورت واضح مشاهده کرده و بر اساس اتفاقاتی که در محیط تعاملی می‌افتد، فرایند بهبود خود را تحلیل کند.

سیستم کامپیوتری به‌عنوان مرکز کنترل برای پردازش داده‌های حاصل از تشخیص حرکات استفاده می‌شود. این سیستم قادر است حرکات را به‌صورت لحظه‌ای تجزیه‌وتحلیل کرده و ضمن تشکیل تصویر جدید و دادن آن به ویدیو پروژکتور، اطلاعات مربوط به هر توان‌خواه را در پرونده پزشکی آنلاین ذخیره نماید. ضمناً دوربین حاضر در سیستم، حرکات توان‌خواهان را به‌دقت شناسایی و ضبط می‌کند. این ضبط به فیزیوتراپیست‌ها امکان می‌دهد پیشرفت فرد را مورد ارزیابی قرار داده و برنامه‌های درمانی را به‌روزرسانی کنند.

اطلاعات حاصل از تشخیص حرکات و ضبط‌های دوربین در پرونده پزشکی آنلاین هر توان‌خواه ذخیره می‌شود. این اطلاعات به فیزیوتراپیست‌ها این امکان را می‌دهد که به تحلیل تاریخچه حرکات و پیشرفت فرد بپردازند. فیزیوتراپیست‌ها می‌توانند با استفاده از سیستم، محیط مخصوص به هر توان‌خواه را به‌صورت منحصربه‌فرد ایجاد نموده و اقداماتی را برای افزایش تعامل و شگفتی در فرآیند تحرک اضافه کنند. تصویر شماره ۲، یکی از بازی‌های ساخته‌شده توسط این سیستم را نشان می‌دهد.

تصویر ۲. نمونه‌ای از سیستم پیشنهادی پیاده‌سازی‌شده

## یافته‌ها و تحلیل

با استفاده از سیستم تشخیص حرکات با دوربین و کتابخانه مدیاپایپ، ما موفق به بهبود دقت در شناسایی حرکات توان‌خواهان شدیم. دقت سیستم در شناسایی حرکات ساده به میزان ۹۹ درصد و در حرکات پیچیده نیز به میزان ۹۲ درصد ارتقاء یافته است. این بهبودها نشان از کارآمدی و قابلیت اطمینان سیستم در شناسایی حرکات توان‌خواهان دارد. نتایج مربوط به دقت پیش‌بینی، به تفکیک برخی از حرکات ساده و پیچیده، در جدول‌های ۱ و ۲ آمده است.

جدول ۱. حرکات ساده با دقت

| حرکت | دقت شناسایی (٪) |
|---|---|
| خطوط عمودی | ۱۰۰ |
| چرخش دست | ۹۹ |
| انعطاف سر | ۹۹ |
| ارتعاش شانه | ۹۸ |

جدول ۲. حرکات پیچیده با میانگین دقت

| حرکت | دقت شناسایی (٪) |
|---|---|
| چرخش گردن | ۹۱ |
| چرخش شانه | ۹۳ |
| انعطاف ستون فقرات | ۹۲ |
| چرخش بازو | ۹۱ |

این نتایج نشان‌دهنده عملکرد موفق سیستم در شناسایی حرکات مختلف است. دقت بالای سیستم در حرکات ساده نشان از قابلیت برتر در تشخیص حرکات پایه و اساسی دارد. همچنین، با میانگین دقت ۹۲ درصد در حرکات پیچیده، سیستم به‌خوبی از پیچیدگی حرکات توان‌خواهان آگاهی پیدا کرده و توانسته است این حرکات را با دقت و صحت مناسبی شناسایی نماید.

## نتیجه‌گیری

با توجه به بهبود قابل‌توجه دقت سیستم در شناسایی حرکات توان‌خواهان، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از تکنولوژی هوش مصنوعی با رویکرد علوم شناختی به‌عنوان ابزارهای پشتیبانی در فیزیوتراپی، به‌عنوان یک راهکار مؤثر و کارآمد مطرح شده است. این سیستم با دقت ۹۹ درصد در شناسایی حرکات ساده و میانگین ۹۲ درصد در حرکات پیچیده، توانسته است بهبود محسوسی در تشخیص و ضبط حرکات فرد توان‌خواه داشته باشد. این بهبودها می‌تواند کمک بسزایی در فرآیند درمانی و بهبود فرد توان‌خواه باشد.

## منابع


Aziz, R., Sundus, H., Jawed, F., & Chhabra, C. (2023). Embracing technological innovations: the integration of AI in physiotherapy. *Recent Trends in Multidisciplinary Research*, 275-288.

Barrett, H. C. (2020). Towards a cognitive science of the human: cross-cultural approaches and their urgency. *Trends in Cognitive Sciences*, *24*(8), 620-638.

Barzegar Khanghah, A., Fernie, G., & Roshan Fekr, A. (2023). Design and validation of vision-based exercise biofeedback for tele-rehabilitation. *Sensors*, *23*(3), 1206.

Celesti, A., Lay-Ekuakille, A., Wan, J., Fazio, M., Celesti, F., Romano, A., ... & Villari, M. (2020). Information management in IoT cloud-based tele-rehabilitation as a service for smart cities: Comparison of NoSQL approaches. *Measurement*, *151*, 107218.

Dang, L. M., Min, K., Wang, H., Piran, M. J., Lee, C. H., & Moon, H. (2020). Sensor-based and vision-based human activity recognition: A comprehensive survey. *Pattern Recognition*, *108*, 107561.

Duan, H., Zhao, Y., Chen, K., Lin, D., & Dai, B. (2022). Revisiting skeleton-based action recognition. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 2969-2978).

Hellsten, T., Karlsson, J., Shamsuzzaman, M., & Pulkkis, G. (2021). The potential of computer vision-based marker-less human motion analysis for rehabilitation. *Rehabilitation Process and Outcome*, 10, 11795727211022330.

Jegham, I., Khalifa, A. B., Alouani, I., & Mahjoub, M. A. (2020). Vision-based human action recognition: An overview and real world challenges. *Forensic Science International: Digital Investigation*, 32, 200901.

Kim, J. W., Choi, J. Y., Ha, E. J., & Choi, J. H. (2023). Human pose estimation using mediapipe pose and optimization method based on a humanoid model. *Applied Sciences*, *13*(4), 2700.

Law, C. K., Lam, F. M., Chung, R. C., & Pang, M. Y. (2020). Physical exercise attenuates cognitive decline and reduces behavioural problems in people with mild cognitive impairment and dementia: a systematic review. *Journal of physiotherapy*, *66*(1), 9-18.

Ostelo, R. W. (2020). Physiotherapy management of sciatica. *Journal of Physiotherapy*, *66*(2), 83-88.

Rowe, M., Nicholls, D. A., & Shaw, J. (2022). How to replace a physiotherapist: artificial intelligence and the redistribution of expertise. *Physiotherapy Theory and Practice*, *38*(13), 2275-2283.

Vega-Ávila, G. C., Afanador-Restrepo, D. F., Rivas-Campo, Y., García-Garro, P. A., Hita-Contreras, F., Carcelén-Fraile, M. D. C., ... & Aibar-Almazán, A. (2022). Rhythmic physical activity and global cognition in older adults with and without mild cognitive impairment: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12230.

Verhagen, A. P. (2021). Physiotherapy management of neck pain. *Journal of Physiotherapy*, 67(1), 5-11.


**استناد به این مقاله:** غیرتمند، ستار، و دلداری، سهیلا. (۱۴۰۲). شناسایی حرکات توان‌خواهان در محیط تعاملی فیزیوتراپی با رویکرد علوم شناختی به‌وسیله هوش مصنوعی. *فصلنامه پژوهش‌های نوین در شهر هوشمند*، ۲(۲)، ۶۸-۷۵.

New Researches in The Smart City is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.