مقاله پژوهشی | مجلهٔ علوم روانشناختی/ دورهٔ بیستم/ شمارهٔ ۹۷/ ص ٤٦-۳۹ بهار(فروردین) ۱٤۰۰
Journal of Psychological Science, Vol. 20, Issue 97, p 39-46, Spring(April) 2021 | JPS

اثرات سطوح دشواری متفاوت بر یادگیری تکلیف پرتاب کردن در سالمندان: تأکید بر روش‌های یادگیری ماشین*

مجتبی اسمعیلی آبدر[۱]، حمیدرضا طاهری[۲]، مهدی سهرابی[۳]، علی غنایی[٤]

The effects of different levels of difficulty on learning the task of throwing in elderly: emphasis on machine learning methods

Mojtaba Esmaeeli Abdar[1], Hamid Reza Taheri[2], Mahdi Sohrabi[3], Ali Ghanei[4]

چکیده

زمینه: مطالعات متعددی به بررسی سطوح دشواری تکلیف و یادگیری تکلیف پرداخته‌اند. اما پژوهشی که به استفاده از رویکرد یادگیری ماشین و به طور خاص سیستم‌های استنتاج عصبی – فازی به مدل‌سازی میزان دشواری تکلیف حرکتی پرتاب کردن با شرایط دشواری گوناگون در بین سالمندان مغفول مانده است. **هدف:** هدف از مطالعه حاضر بررسی اثرات سطوح دشواری متفاوت بر یادگیری تکلیف پرتاب کردن در سالمندان: تأکید بر روش‌های یادگیری ماشین بود. **روش:** پژوهش از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با ۴ گروه کنترل بود. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه مردان سالمند راست دست در سال ۱۳۹۷ با دامنه سنی ۷۰- ۶۰ سال شهرستان مشهد بود. ۱۲۰ سالمند با روش نمونه‌گیری در دسترس به عنوان نمونه انتخاب و به صورت تصادفی در ۸ گروه ۱۵ نفری (۴ گروه آزمایش و ۴ گروه گواه) جایگزین شدند. ابزار پژوهش حاضر تکلیف شرکت‌کنندگان پرتاب دیسک برگرفته از پژوهش سانلی و لی بود (سانلی و لی، ۲۰۱۵) بود. تحلیل داده‌ها با استفاده از کدنویسی به روش انفیس با بهره‌گیری از سیستم سوگنو انجام شد. **یافته‌ها:** افراد در گروه آزمایش در شرایط یادگیری وضعیت بهتری نسبت به گروه گواه داشتند. همچنین برترین سناریوی سیستم استنتاج فازی – عصبی تطبیقی در مرحله یادداری در گروه آزمایش شماره ۱ با کمترین خطای RMSE= ۰/۷۳ برای داده‌های بررسی انتخاب شد. **نتیجه‌گیری:** استفاده از سیستم استنتاج عصبی فازی و ایجاد شبکه‌های عصبی – فازی موفقیت آمیز بوده و باعث کاهش قابل توجهی در خطای پیش‌بینی شد که خصیصه قابل توجهی در همگرایی سریع و دقت بالا دارد.

واژه کلیدها: دشواری تکلیف، سالمندان، یادگیری ماشین.

Background: Numerous studies have examined the difficulty levels of homework and homework learning. But research that uses machine learning approaches, and in particular neural-fuzzy inference systems, to model the difficulty of throwing a task with different difficulty conditions among the elderly has been overlooked. **Aims:** The aim of the present study was to investigate the effects of different levels of difficulty on learning the task of throwing in the elderly: Emphasis on machine learning methods. **Method:** The research was quasi-experimental with pre-test and post-test design with 4 control groups. The statistical population of the study included all right-handed elderly men in 1397 with an age range of 70-60 years in Mashhad. 120 elderly people were selected by available sampling method and randomly divided into 8 groups of 15 people (4 experimental groups and 4 control groups). The instrument of the present study was the task of discus throwing participants derived from the research of Sanli and Lee (Sanli and Lee, 2015). Data analysis was performed using encryption using an sophisticated system. **Results:** Individuals in the experimental group were better off than the control group in terms of learning conditions. Also, the best scenario of the adaptive fuzzy-neural inference system in the learning phase was selected in the experimental group No. 1 with the lowest error RMSE= 0/73 for the survey data. **Conclusions:** The use of fuzzy neural inference system and the creation of neural-fuzzy networks has been successful and significantly reduced the prediction error, which has a significant feature of rapid convergence and high accuracy.
Key Words: Task difficulty, elderly, machine learning.
Corresponding Author: hamidtaherii@gmail.com

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول است.

۱. دانشجوی دکتری، گروه رفتار حرکتی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

1. Ph.D Student. Department of Motor Behavior, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

۲. استاد، گروه رفتار حرکتی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران(نویسنده مسئول)

2. Professor. Department of Motor Behavior, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran(Corresponding Author)

۳. استاد، گروه رفتار حرکتی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

3. Professor. Department of Motor Behavior, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

۴. دانشیار، گروه روانشناسی بالینی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

4. Associate professor. Department of Clinical Psychology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

دریافت:۹۹/۰۳/۰۶ پذیرش نهایی: ۹۹/۰۴/۱۹

مقدمه

امروزه، یادگیری ماشین در اکثر صنایع و کسب و کارها مورد استفاده قرار می‌گیرد و تصمیمات بسیار تأثیرگذار دنیای امروز بر اساس پردازش‌ها و نتایج به دست آمده از یادگیری ماشین است (برانلی، ۲۰۱۶؛ ترجمه مولانا پور، ۱۳۹۶) اخیراً یکی از روش‌هایی که توجه زیادی را به خود معطوف کرده است سامانه‌های عصبی – فازی تطبیقی یا انفیس[1] می‌باشد. انفیس که از تلفیق ساختارهای فازی با شبکه‌های عصبی مصنوعی حاصل می‌شود برای شناسایی سیستم‌ها، پیش‌بینی سری‌های زمانی و موارد متنوع دیگر به کار می رود. این مدل مزایای خاص خود را دارد که از آن جمله می‌توان به توانایی شبیه‌سازی سامانه‌های غیرخطی، دقت زیاد و زمان کمتر ساخت مدل و محاسبات آن اشاره کرد (کنارکوهی، سلیمان جاهی، فلاحی، ریاحی، مشکات، ۱۳۸۹).

روند رو به تحول جمعیت سالمندان، موجب شده است که مبحث سلامت سالمندان اهمیت ویژه‌ای پیدا کند. جمعیت سالمندان در جهان، به دلیل افزایش امید به زندگی، رو به افزایش است (رحیمی، احمدی، اصغرنژاد، ۱۳۹۸). سالمندی یکی از پیچیده‌ترین ساز وکارهایی است که تا به حال شناخته شده و در بردارنده اتفاقاتی است که در طول زندگی افراد از تولد تا پایان زندگی اتفاق می‌افتد (نظری، هنرمند، هوشیار با دانش، ۱۳۹۸). مدحی و نجفی (۱۳۹۸) به نقل از گارانگ، ۲۰۱۱ اظهار می‌دارند که در حال حاضر سالمندی به عنوان پیچیده‌ترین فنوتیپ اجتناب‌ناپذیر شناخته شده، منعکس کننده رویدادهای بسیاری است که در سراسر زندگی انسان از تولد تا مرگ اتفاق می‌افتد. با رشد چنین جمعیتی در چند دهه‌ی اخیر سالمندی نیز به صورت فزآیندهای در پژوهش‌های متعدد رواج یافته و به‌عنوان چالشی در طراحی سیاست‌های اجتماعی مورد توجه قرار گرفته است (مدحی و نجفی، ۱۳۹۸).

تحقیق درباره عوامل مؤثر بر یادگیری همواره موضوع مورد توجه روانشناسان و همه افرادی که به نحوی با آموزش سر و کار دارند بوده است. در طی سال‌های اخیر دیدگاه‌هایی ارائه شده است که دانش ما را در مورد تعاملات پیچیده بین فرآیندهای درگیر در اجرا و یادگیری مهارت‌های حرکتی دست‌خوش تغییر کرده‌اند (گاداگنولی و لی، ۲۰۰۴). به طور خاص، در ارتباط با اجرا و یادگیری مهارت‌های حرکتی چهارچوب نظری نقطه چالش توسط گاداگنولی و لی (۲۰۰۴) پیشنهاد شده است (گاداگنولی، مورین و دابروسکی، ۲۰۱۲). آن‌ها چارچوب نقطه چالش را در تلاش برای تعریف اینکه چگونه ارتباط بین اجرا و یادگیری می‌تواند بهینه‌سازی شود معرفی کردند (براون، لی، رین‌کنزمایر و دوآرت، ۲۰۱۶). یکی از موارد مطرح شده در چارچوب نقطه چالش مفهوم دشواری تکلیف می‌باشد (سانلی و لی، ۲۰۱۵). دشواری تکلیف از مفاهیمی است که به عنوان یک متغیر مهم در ادبیات یادگیری حرکتی به حساب می‌آید (اشمیت و لی، ۲۰۱۴). این متغیر را می‌توان به دو عامل تقسیم‌بندی کرد: دشواری اسمی و دشواری کارکردی (آکیزوکی و اهاشی، ۲۰۱۵). دشواری اسمی به میزان ثابتی از دشواری، بدون در نظر گرفتن این‌که چه کسی آن تکلیف را انجام می‌دهد و یا در چه شرایطی، تکلیف در حال انجام است، گفته می شود و تنها، ویژگی‌های ثابتی از تکلیف را در نظر می‌گیرد. بنابراین، می‌تواند شامل عواملی مانند نیازهای ادراکی و حرکتی مورد نیاز تکلیف باشد (لی، الیاز، گونزالز، آلگور، دینگ، دالیوال ۲۰۱۶). این نوع از دشواری تکلیف، تحت عواملی نظیر موقعیت اجرا و سطح مهارت فرد قرار نمی‌گیرد. هر چه سطح دشواری اسمی تکلیف بالاتر باشد، به همان میزان عملکرد مورد انتظار، هم برای افراد ماهر و هم برای افراد مبتدی پایین می‌آید و هر چه سطح دشواری اسمی پایین باشد، عملکرد برای همه افراد با هر سطحی از مهارت بالاتر خواهد بود (گاداگنولی و لی، ۲۰۰۴). در مقابل، دشواری کارکردی تکلیف به وسیله چندین عامل، نظیر موقعیت‌های تمرینی و سطح مهارت آزمودنی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بنابراین دشواری کارکردی تکلیف به میزان چالش برانگیز بودن مهارت در ارتباط با سطح مهارت فرد است و شرایطی که شخص در حال اجراست، گفته می‌شود. برای مثال، وقتی یک تکلیف با سطح دشواری اسمی پایین تحت یک موقعیت تمرینی با تقاضاهای محیطی پایین (نظیر تمرین مسدود) اجرا می‌گردد، آن تکلیف دارای دشواری کارکردی پایین می‌باشد (سانلی و لی، ۲۰۱۵). در مقابل، وقتی یک تکلیف با سطح دشواری اسمی بالا تحت موقعیت‌های تمرینی با تقاضاهای بالای محیطی (نظیر تمرین تصادفی) اجرا می‌شود، آن تکلیف دارای دشواری کارکردی بالا می‌باشد. در نهایت زمانی‌که یک تکلیف با سطح دشواری اسمی پایین تحت یک موقعیت تمرینی با تقاضاهای بالای محیطی و یا یک تکلیف با سطح

[1]. ANFIS

دشواری اسمی بالا تحت موقعیت‌های تمرینی با تقاضاهای پایین محیطی تمرین می‌گردد، آن تکلیف دارای دشواری کارکردی میانه می‌باشد (اونلا و وینستین، ۲۰۰۸). در سال ۲۰۰۸ اونلا و وینستین در مقاله خود با عنوان " تعیین نقطه چالش بهینه در یادگیری مهارت حرکتی بزرگسالان دارای بیماری پارکینسون نسبتاً شدید" به آزمون پیش بینی چارچوب نظری نقطه چالش بر یادگیری حرکتی بزرگسالان دارای پارکینسون با دستکاری دشواری اسمی تکلیف و شرایط تمرین پرداختند. در این تحقیق از ۲ گروه ۲۰ نفره سالم و دارای پارکینسون و ۲ فاکتور دشواری اسمی تکلیف (بالا و پایین) که با دستکاری زمان کلی تکلیف انجام می‌شد و فاکتور شرایط تمرین (تقاضای تکلیف زیاد و کم) که با دستکاری بازخورد و تداخل زمینه‌ای انجام پذیرفت، استفاده شد. نتایج پژوهش آنها نشان داد که هر دو گروه با تمرین بهبود یافتند. در شرایط تمرین با تقاضای کم، گروه مبتلا به پارکینسون هنگامی که دشواری اسمی تکلیف پایین بود، یادگیری قابل قبولی در مقایسه با بزرگسالان سالم از خود نشان دادند اما در شرایط دشواری تکلیف بالا اینطور نبود. پولوک، بوید، هانت، وگارلند (۲۰۱۴) در مقاله‌ای با عنوان" استفاده از چارچوب نظری نقطه چالش در یادگیری عکس‌العمل گام برداشتن در کنترل تعادل افراد دچار سکته: مطالعات موردی" به آزمون فرضیه‌های چارچوب نظری نقطه چالش در طراحی برنامه های تمرین‌های تعادلی در افراد دچار حملهٔ سکته پرداختند. مداخله شامل ۴ هفته که در هر هفته ۳ جلسه ۴۵ دقیقه ای تمرین می‌کردند بود. نتایج نشان دادند هر ۴ آزمودنی توانستند به طور مستقل سخت ترین سطح تکلیف را انجام دهند. نتایج مثبت این تحقیق از پیش بینی‌های چارچوب نظری نقطه چالش حمایت کرد پولوک و همکاران، ۲۰۱۴) در سال ۲۰۱۵ سانلی و لی در پژوهشی با عنوان "دشواری اسمی و کارکردی تکلیف در یادگیری مهارت: اثر اجرا در دو آزمون انتقال" با هدف تعیین اختلاف بین اثر دشواری اسمی و کارکردی تکلیف در طول اکتساب بر انتقال یادگیری دو تکلیف جدید انجام شد. ۴۰ آزمودنی به ۴ گروه ۱۰ تایی تقسیم شدند. نتایج آنها با پیش‌بینی‌های چارچوب نظری نقطه چالش هم‌خوانی نداشت (سانلی و لی، ۲۰۱۵). علاوه بر این، در سال‌های اخیر پژوهش‌هایی دیگری نیز به آزمون صحت پیشنهادات چارچوب نظری نقطه چالش پرداختند و طی آن عنوان کردند که نقطه چالش بهینه در افراد مختلف متفاوت است (وادن، هاج، دیسیس، نوا و بوید، ۲۰۱۹). با این حال مرور و جمع‌بندی پیشینه‌ها مشخص می کند که به طور خاص در ارتباط با دشواری تکلیف و یادگیری مهارت‌های حرکتی در سالمندان بررسی دقیقی صورت نپذیرفته است. به نظر می‌رسد بر اساس مطالعات اولیه و جمع‌بندی یافته‌های پژوهشی پیشین مفهوم دشواری تکلیف و نقطه چالش بایستی برای گروه‌های خاص نظیر سالمندان هوشمندانه‌تر استفاده شود. آنچه که اهمیت و ضرورت پرداختن به روند اجرا و یادگیری تکالیف حرکتی در سالمندان را برجسته‌تر می‌کند وجود خطرات جسمی، ترس از آسیب و سرخوردگی ذهنی است که در سالمندان موجب نگرانی می باشد.

با جمع‌بندی موارد گفته شده، نظر به اهمیت موضوع هدف، مسئله اصلی در پژوهش حاضر این است که با توجه به اینکه تاکنون در زمینه مدل‌سازی میزان دشواری تکلیف در گروه سنی سالمندان پژوهشی صورت نگرفته است آیا می‌توان با استفاده از رویکرد یادگیری ماشین و به طور خاص سیستم‌های استنتاج عصبی – فازی به مدل سازی میزان دشواری تکلیف حرکتی پرتاب کردن با شرایط گوناگون در بین سالمندان پرداخت؟

روش

پژوهش حاضر، با توجه به اهداف پیش‌بینی شده، از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با ۴ گروه کنترل بود. این پژوهش شامل مراحل اکتساب و یادداری بود. همچنین با توجه به طول زمان اجرا از نوع مقطعی و به لحاظ استفاده از نتایج بدست آمده، کاربردی بود. جامعه آماری شامل کلیه سالمندان مرد شهر مشهد در سال ۱۳۹۷ بود. از طریق مراجعه به بوستان‌های سطح شهر مشهد، تعداد ۱۲۰ سالمند با دامنه سنی ۶۰ تا ۷۰ سال (۱۲۰ مرد؛ میانگین سنی: ۶۷/۰۲، انحراف معیار ۶/۶۹ و راست دست) که به روش نمونه‌گیری در دسترس برای شرکت در مطالعه با در نظر گرفتن شرایط ریزش نمونه انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی در ۸ گروه ۱۵ نفری تقسیم شدند (۴ گروه آزمایش، ۴ گروه گواه). کلیه شرکت‌کنندگان فرم رضایت شرکت در پژوهش را تکمیل کردند. افراد مورد مطالعه نباید اختلال عصبی و آسیب ضربه به سر، مشکل بینایی، شنوایی سرگیجه، ناهنجاری شدید اندام فوقانی، سکتهٔ مغزی، نوروپاتی، پارکینسون، اماس، را داشته، بتوانند بدون کمک راه بروند و قادر به درک و اجرای کلیه مراحل آزمایش باشند. در صورتی که افراد هر یک از شرایط را

داشتند از روند شرکت در مطالعه کنار گذاشته شدند. شرایط مذکور توسط یک پزشک عمومی و روانشناس بررسی می‌شد. به منظور رعایت اصول در مورد محرمانه بودن اطلاعات به نمونه‌های پژوهش اطمینان داده شد.

ابزار

تکلیف شرکت‌کنندگان پرتاپ یک دیسک کوچک بر روی یک صفحه با به کاربردن نیروی کافی برای قرار گرفتن در یک منطقه هدف از قبل مشخص شده (یک دایره نورانی ترسیم شده بر روی سطح) می‌باشد. طول و عرض صفحه به ترتیب ۷۶/۵ سانتی متر در ۹۲ سانتی‌متر بود که نقطه فرود دیسک بر روی صفحه از طریق دوربین ثبت و با استفاده از شرایط پردازش تصویر محل دقیق فرود دیسک بر روی صفحه محاسبه می‌گردید. برنامه‌نویسی پردازش تصویر توسط متخصص و در محیط لینوکس انجام شد. این تکلیف برگرفته از پژوهش سانلی و لی بود (سانلی و لی، ۲۰۱۵).

در ابتدای آزمون، اطلاعات مربوط به مشخصات فردی هر شرکت‌کننده ثبت گردید. افراد در مرحله اکتساب و مرحله یادداری پرتاب خواهند کرد. ابتدا شرکت‌کنندگان، به دو گروه سطح دشواری اسمی تکلیف بالا و پایین تقسیم و سپس هر کدام از گروه‌ها به دوسطح دشواری کارکردی "دور به نزدیک[1]" و "نزدیک به دور"[2] تقسیم خواهند شد. دشواری اسمی تکلیف فاصلهٔ هدف نسبت به آزمودنی تعریف شد و دشواری کارکردی تکلیف با دستکاری فاصلهٔ هدف از هر کدام از دو فاصله دور یا نزدیک تغییر می‌یافت. ۸ هدف با فاصله‌های متفاوت (۷، ۱۰، ۱۳، ۱۶، ۲۲، ۲۵، ۲۸، ۳۱) سانتی‌متر نسبت به آزمودنی بر روی صفحه قرار گرفت. متناظر با هر یک از گروه ها یک گروه گواه هم در نظر گرفته شد. گروه گواه آزاد بودندکه به انتخاب خود و بدون دخالت آزمون گیرنده به سمت اهداف پرتاب کنند. در هر گروه هر آزمودنی ۲۰۰ کوشش که در هر فاصله ۵۰ تکرار خواهند داشت اجرا کرد. گروه دشواری اسمی بالا، ۴ هدف دورتر دارند که در دو گروه نزدیک به دور و دور به نزدیک اجرا می‌کردند و گروه دشواری اسمی پایین ۴ هدف نزدیک‌تر دارند. آزمودنی‌ها ۵۰ کوشش در هر هدف را انجام دادند و سپس کوشش‌های بعدی را با هدف جدید آغاز نمودند.

شیوه اجرای آزمون یک مرتبه توسط آزمونگر به آزمودنی توضیح شد. دیسک در شروع هر کوشش در اختیار هر آزمودنی قرار گرفت. هنگامی که شرکت‌کننده آماده بود دیسک را در موقعیت شروع قرار می‌داد و هدف اول بر روی صفحه حسی نمایش داده می‌شد. به دنبال آن به سمت هدف پرتاب می‌کرد در حالی که اهداف دیگر قابل مشاهده نبودند. در پایان هر پرتاب، موقعیت نهایی دیسک بر روی صفحه ثبت شد (موقعیت نهایی دیسک بر اساس محور مختصات و فاصله از موقعیت شروع ثبت شد). پس از پایان هر پرتاب، آزمونگر دست خود را برای شرکت‌کننده به منظور بازگرداندن دیسک به موقعیت اصلی برای شروع پرتاب بعدی بالا می‌برد. شرکت‌کنندگان قبل از رفتن به هدف بعدی، ۵۰ کوشش انجام خواهند داد. در مجموع هر آزمودنی در مرحله اکتساب ۲۰۰ کوشش و در مرحله یادداری نیز ۲۰۰ پرتاب را اجرا می‌کرد.

یافته‌ها

در پژوهش حاضر تعداد ۱۲۰ سالمند با دامنه سنی ۶۰ تا ۷۰ سال شرکت کردند. تمامی آزمودنی‌ها مرد و راست دست بودند. ۳۵ درصد تحصیلات دیپلم، ۲۵ درصد تحصیلات کاردانی،۳۰ درصد کارشناسی و ۱۰ درصد تحصیلات بالاتر داشتند. ۷۲ درصد متأهل و ۲۸ درصد از شرکت‌کنندگان تنها زندگی می‌کردند. در این پژوهش متغیرهای دشواری اسمی و دشواری کارکردی تکلیف به عنوان متغیر مستقل و میزان دقت پرتاب به سمت اهداف از پیش تعیین شده به عنوان متغیر وابسته درنظر گرفته شده بود. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، توسط پژوهشگر در چهار شرایط تمرینی شامل (دشواری اسمی پایین و دشواری کارکردی پایین، دشواری اسمی پایین و دشواری کارکردی بالا، دشواری اسمی بالا و دشواری کارکردی پایین، دشواری اسمی بالا و دشواری کارکردی بالا) در گروه‌های آزمایش و شرایط پرتاب آزادانه بدون ارائه دستورالعمل از جانب پژوهشگر به سمت اهداف در گروه‌های گواه جمع‌آوری شد. مدل‌سازی بر اساس میزان دقت پرتاب شرکت کنندگان بر مبنای فراهم‌سازی میزان دشواری اسمی و کارکردی متفاوت تکلیف صورت گرفت. عوامل بسیاری ممکن است باعث ایجاد خطا در پیش‌بینی‌ها یا تفسیر نتایج مدل‌ها شود؛ لذا عملکرد مدل‌های پیش‌بینی باید بررسی شود. در این پژوهش با کدنویسی

[1]. Far- to- near
[2]. Near- to- Far

در نرم‌افزار متلب[1] مدل‌سازی به روش انفیس با بهره گیری از سیستم سوگنو انجام شد. تکنیک‌های محاسباتی عموماً با استفاده از برخی معیارهای ارزیابی عملکرد بررسی می‌شوند. این معیارها به طور کلی به دو دسته آماری و غیر آماری دسته‌بندی می شوند. برای مسائل پیش‌بینی از برخی معیارهای عملکرد برای نشان دادن چگونگی یادگیری ارتباط‌های داده‌ها در شبکه عصبی - فازی استفاده می‌شود. ملاک مورد استفاده در این پژوهش برای انتخاب مدل برتر، خطای جذر میانگین مربعات [2] است.

نتایج کمی مدل‌سازی انفیس: آماده‌سازی‌های داده یکی از مراحل پیچیده‌ی کاربرد شبکه‌های عصبی – فازی است. (امیری مقدم و همکاران، ۱۳۹۶). ابتدا با استفاده از رابطه زیر کلیه داده‌ها نرمال سازی شدند.

$$x_n = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

x_n: مقدار نرمال شده

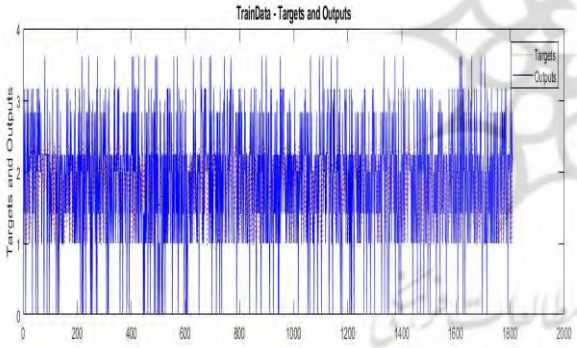
X: مقادیر واقعی

برای مدل‌سازی و ارزیابی مدل‌ها، داده‌ها به دو دسته داده‌های آموزش و داده‌های بررسی تقسیم شدند. سپس ۱۸۰۰ مورد از داده های جمع‌آوری شده به عنوان آموزش به سیستم فازی داده شدند و خروجی سیستم فازی به ازاء آنها به دست آمد. در ادامه میانگین مربعات خطای موجود بین خروجی مدل فازی و مقدار حقیقی داده ها به دست آمد. ۲۰۰ داده باقی مانده به عنوان داده‌های بررسی مورد استفاده قرار گرفتند. پس از بررسی مدل‌های مختلف، نتایج ارزیابی عملکرد برای گروه‌های آزمایش در جدول ۱ و برای گروه‌های گواه در جدول ۲ آورده شده است.

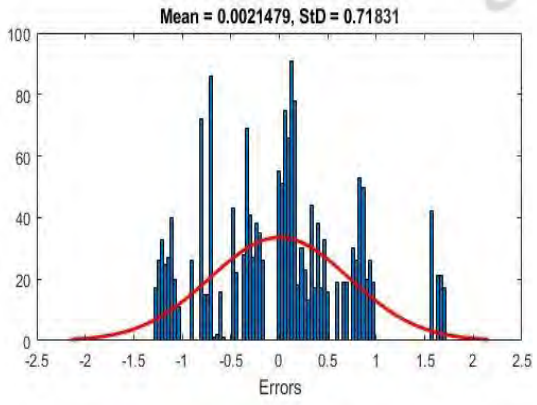
$$RMSE = \frac{\sqrt{(y - y^*)^2}}{N}$$

مشخص است کم بودن خطای جذر میانگین مربعات حاکی از دقت بالاتر است. همان‌گونه که در جدول ۱ و ۲ با مقایسه شاخص میانگین مربعات خطا مشخص است افرادی که در گروه‌های آزمایش و مطابق دستورالعمل از قبل مشخص شده، پرتاب کردند میانگین مربعات خطای کمتری در مرحله یادداری داشتند. به طور کلی در بین گروه‌های آزمایش، برترین سناریوهای سیستم استنتاج فازی – عصبی تطبیقی مربوط به گروه شماره ۱ در مرحله یادداری با کمترین مقدار (RMSE= ۰/۷۱) برای داده‌های آموزش و برای داده های بررسی (RMSE= ۰/۷۳) می‌باشد (جدول ۱). شرایطی که در آن افراد با دشواری اسمی پایین و کارکردی پایین به سمت اهداف از قبل تعیین شده پرتاب کرده بودند. مقایسه نتایج مدل نهایی انفیس در مقایسه با مقادیر واقعی در شکل ۱ آورده شده است. همچنین نمودار هیستوگرام خطا برای این گروه در شکل ۲ مشخص است که مقدار انحراف معیار برابر ۰/۷۱۸۳۱ می باشد (شکل ۲).

در ادامه جدول ۲ توسعه مدل پرتاب به سمت اهداف در گروه های گواه که به طور آزادانه و دلخواه به سمت اهداف پرتاب کرده بودند را نشان می‌دهد. مقایسه خطای جذر میانگین مربعات گروه گواه در مقایسه با گروه آزمایش در شرایط یادداری نشان می‌دهد شرکت‌کنندگان از وضعیت بهتری برخوردار نیستند و مقدار خطای جذر میانگین مربعات در گروه گواه بیشتر از گروه آزمایش در مرحله یادداری است.



شکل۱. مقایسه نتایج مدل نهایی انفیس در مقایسه با مقادیر واقعی



شکل۲. نمودار هیستوگرام خطا مربوط به گروه ۱

[1]. MATLAB
[2]. RMSE

جدول۱. نتایج آموزش و بررسی انفیس مربوط به مرحله اکتساب و یادداری – گروه آزمایش

گروه	مجموعه داده	خطای جذر میانگین مربعات اکتساب	خطای جذر میانگین مربعات یادداری
گروه ۱	آموزش	۱/۳۹	*۰/۷۱
	بررسی	۱/۳۶	*۰/۷۳
گروه ۲	آموزش	۰/۸۳	۰/۸۰
	بررسی	۰/۸۲	۰/۸۰
گروه ۳	آموزش	۲/۰۲	۰/۹۷
	بررسی	۱/۷۶	۰/۹۶
گروه ۴	آموزش	۲/۳۴	۱/۶۴
	بررسی	۲/۱۶	۱/۷۳

*شبکه یادگیری بهینه با کمترین خطای جذر میانگین مربعات می‌باشد.

جدول۲. نتایج آموزش و بررسی انفیس مربوط به مرحله اکتساب و یادداری – گروه گواه

گروه	مجموعه داده	خطای جذر میانگین مربعات مرحله اکتساب	خطای جذر میانگین مربعات مرحله یادداری
گروه ۱	آموزش	۰/۸۳	۱/۰۹
	بررسی	۰/۸۲	۱/۱۴
گروه ۲	آموزش	۰/۸۰	۱/۴۱
	بررسی	۰/۸۳	۱/۲۳
گروه ۳	آموزش	۱/۰۰۴	۱/۹۴
	بررسی	۱/۰۵	۱/۸۹
گروه ۴	آموزش	۱/۶۵	۲/۳۲
	بررسی	۱/۲۱	۲/۳۸

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی اثرات سطوح دشواری متفاوت بر یادگیری تکلیف پرتاب کردن در سالمندان: با تأکید بر روش‌های یادگیری ماشین بود. با توجه به اینکه همه می‌دانیم که تعداد زیادی از تکرارها قبل از تسلط بر یک مهارت حرکتی معین مورد نیاز است، نتایج ما نشان‌گر آن بود که گروهی که با شرایط دشواری اسمی پایین و دشواری کارکردی پایین پرتاب کردند از لحاظ معیارهای مورد بررسی در شرایط یادداری برتری دارد. برای مثال از نظر معیار خطای جذر میانگین مربعات، میزان خطای شبکه های عصبی – فازی در گروه شماره ۱ بسیار کمتر از سایر گروه‌ها می باشد. در سال‌های اخیر، رویکرد به مدل‌های هوشمند به عنوان تکنیک‌های جدید و ابزاری توانمند در شناختی نظیر پیش‌بینی، افزایش یافته است. زیرا این روش‌ها به عنوان یک جعبه سیاه مناسب، کمتر به ابزار و داده‌های مدل‌های فیزیکی نیاز داشته و قادرند فرآیند غیرخطی و غیرایستا را مدل‌سازی کنند. در این مطالعه از مدل سیستم استنتاج تطبیقی فازی – عصبی برای پیش‌بینی دشواری مطلوب استفاده شده است. به همین اساس ما با استفاده از پارامترهای دشواری اسمی و کارکردی و دقت پرتاب مدل‌هایی را در شرایط دشواری گوناگون برای پیش‌بینی استخراج کردیم. مطابق پیش‌فرض‌های چارچوب نقطه چالش، به طور کلی به منظور یادگیری بهینه، یادگیرنده باید به چالش کشیده شود. چنانچه چالش تمرین، کمتر از حد مطلوب باشد، موجب افزایش عملکرد و کاهش یادگیری خواهد شد و اگر چالش تمرینی بیش از حد مطلوب باشد، موجب کاهش اجرا و یادگیری می‌گردد؛ اما چنانچه میزان چالش بهینه باشد، موجب کاهش اجرا و افزایش یادگیری می شود.

یافته پژوهش با یافته‌های اونلا و وینستون (۲۰۰۸)، پیس و همکاران (۲۰۱۳) و وادن و همکاران (۲۰۱۹) همسو می باشد. آنها در مطالعه خود از بهینه‌سازی نقطه چالش برای ارتقای عملکرد فردی و یادگیری در گروه افراد مبتلا به پارکینسون، کودکان تاخیر رشدی و افراد سالم حمایت کردند. همچنین این نتایج با یافته‌های سانلی و لی همسو نمی‌باشد. نتایج آنها نشان می‌دهد که برخلاف پیش‌بینی‌های نقطه چالش در مرحله اکتساب، گروهی که دارای دشواری اسمی و کارکردی بالایی است (فاصله دور و از دور به نزدیک) بالاترین خطا و گروه دشواری اسمی و کارکردی پایین،

پایین‌ترین خطا را دارند، اما در آزمون انتقال گروهی که دشواری اسمی بالایی داشتند دارای افت اجرا نبودند و گروهی که دشواری تکلیف پایینی داشتند دارای افت اجرا بودند (سانلی و لی، ۲۰۱۵). نکته قابل توجه در تمام مطالعات همسو و غیر همسو این است که، هیچ کدام از سیستم‌های عصبی - فازی استفاده نکرده بودند و از این حیث پژوهشی یافت نشد.

اگرچه مطالعات و مبانی نظری نشان می‌دهد اجرا و یادگیری مهارت‌های حرکتی می‌تواند متأثر از دشواری اسمی و کارکردی تکلیف باشد اما مطابق چارچوب نقطه چالش، آنچه می‌بایستی مدنظر قرار گیرد این است که نقطه چالش در یادگیری و اجرا دارای تضاد است. یعنی نقطه چالش بهینه یادگیری ممکن است با نقطه چالش بهینه اجرا متفاوت باشد (شیرزاد و واندرلوس، ۲۰۱۶). در واقع در طرح‌ریزی تمرینات مربیان می‌بایستی این نکته را در نظر داشته باشند که نقطه چالش با یادگیری هماهنگ است نه اجرا. در تمرینات با افزایش پیشرفت فرد در مهارت، مهارت برای فرد آسان می‌شود. بنابراین باید دشواری تکلیف افزایش یابد در نتیجه اجرا کاهش می‌یابد، اما موجب افزایش یادگیری می‌شود. بنابراین به طور کلی نقطه چالش بهینه با یادگیری در ارتباط است.

نکته‌ای که تا به حال کمتر توجه شده است این است که احتمالاً اهمیت نتیجهٔ اجرا برای یادگیرنده‌ی سالمند، یک فاکتور روانی است که در مقابل فاکتورهای جسمانی قرار می‌گیرد. در این مورد، نتیجهٔ اجرا به عنوان سود یا منفعت از موفقیت یا عدم موفقیت مهارتی که در حال انجام است، تعریف می‌گردد که می‌تواند یادگیری را خصوصاً در بلند مدت تحت تأثیر قرار دهد. در افراد عادی، درجه اهمیت نتیجه و دستیابی به هدف می‌تواند با افزایش سطح مهارت یادگیرنده افزایش یابد تا فرد درشرایطی مشابه با شرایط واقعی قرار گیرد تا نقطه چالش بهینه حفظ گردد و یادگیری صورت پذیرد. بر اساس یافته‌های ما، به نظر می‌رسد در سالمندان، چالش های سطح بالا نمی‌تواند منجر به بهبود عملکرد و اجرا در شرایط یادداری گردد. در ارتباط با گروه های خاص مهم است که بدانیم منبع اصلی اطلاعات در مورد یک تکلیف معین، مبتنی بر تجربه شخص در موفقیت انجام کار است. این اعتقادات مبتنی بر ظرفیت حرکتی فرد نیست، بلکه بیشتر بر اعتقادات وی نسبت به آنچه می‌تواند با آن ظرفیت انجام دهد می‌باشد. همچنین این نکته از اهمیت ویژه ای در ترجمه ظرفیت های حرکتی خصوصا در شرایط درمان به دنیای واقعی برخوردار است.

در نهایت، بر اساس نتایج ما می‌توان این‌گونه استنباط کرد که استفاده از سیستم استنتاج عصبی فازی و ایجاد شبکه‌های عصبی - فازی موفقیت‌آمیز بوده و باعث کاهش قابل توجهی در خطای پیش‌بینی شده است که خصیصه قابل توجهی در همگرایی سریع، دقت بالا و توانایی تقریب تابع قوی دارد. علاوه بر این از آنجا که سیستم شبکه‌های عصبی فازی نیازمند داده‌های صریح و قطعی نبوده و نمونه بزرگی از داده‌ها را نیاز ندارد می‌تواند پیش‌بینی خوبی از شاخص دشواری مطلوب نشان دهد و نسبت به روش‌های کلاسیک پیش‌بینی مناسب‌تر می‌باشد (فتحی پور و همکاران، ۱۳۹۰). احتمالاً چارچوب نقطه چالش به تنهایی نمی‌تواند به شکلی دقیق رابطه پیچیده بین اجرا و یادگیری در سالمندان را نشان دهد، اما در عین حال، بستر مفیدی را برای انجام آزمایش‌های بیشتر در مورد نقش تجربه اجراکننده، پیچیدگی کار و زمینه در رابطه با اجرا و یادگیری مهارت‌های حرکتی را فراهم می‌کند.

از مهم ترین محدودیت‌های این مطالعه استفاده از جامعه آماری سالمندان سالم برای مطالعه بود. بنابراین آنها از شرایط طولانی ورزش منظم برای افراد سالم و یا درمانی برای مبتلایان به اختلال حرکتی برخوردار نبودند.

با جمع‌بندی نتایج، به نظر می‌رسد ما نیازمند به بررسی‌های بیشتری در زمینه چارچوب نقطه چالش در بین گروه‌های خاص نظیر سالمندان هستیم. در خاتمه پیشنهاد می‌شود با توجه به محدودیت‌های این پژوهش، مطالعات آینده اثرات اجرای تکالیف در شرایط گوناگون دشواری با سایر گروه‌های بالینی را نیز بررسی کنند. همچنین در مجموع می‌توان گفت که دقت روش‌های انفیس به مراتب از دقت روش‌های متداول رگرسیونی که به طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرد، بالاتر است و پیشنهاد می‌شود استفاده از این روش هوش مصنوعی با به کارگیری پارامترهای ورودی مناسب، در مطالعات آتی توسط پژوهشگران صورت گیرد. همچنین بر اساس یافته‌های ما می‌توان پیشنهاد داد افرادی که با سالمندان کار می‌کنند در مداخلات و شرایط تمرینی توجه بیشتر و مهمتری به فرآیند اجرای موفقیت آمیز مهارت در مقابل یادگیری مهارت داشته باشند.

منابع

امیری‌مقدم، مرجان؛ قدیمی، بهرام و علیپور درویشی، زهرا (۱۳۹۶). ارائهٔ یک مدل شبکه‌ی عصبی فازی، جهت توسعه‌ی ارزش‌های اخلاقی در ورزش قهرمانی ایران. *فصلنامه مطالعات توسعه فرهنگی - اجتماعی*، ۶(۳)، ۱۶۲-۱۳۶.

برانلی، جیسون (۱۳۹۶). *یادگیری ماشین با پایتون*. ترجمه رامین مولاناپور،؛ تهران: انتشارات آتی‌نگر (تاریخ تالیف به زبان اصلی، ۲۰۱۶).

رحیمی، علی اکبر؛ احمدی، خدابخش و اصغر نژادفرید، علی‌اصغر (۱۳۹۸). سنجش وضعیت شاخص‌های سلامت‌روانی در سالمندان ایرانی. *مجله علوم روانشناختی*، ۱۸(۷۷)، ۵۳۸-۵۲۹.

فتحی پور، هادی؛ چوپانی، نقدعلی و افشین، حسن (۱۳۹۰). تخمین انرژی شکست بتن با استفاده از روش‌های سیستم استنتاج تطبیقی فازی - عصبی. *مجله تحقیقات بتن*، ۴(۲)، ۱۶-۷.

کنارکوهی، عذرا؛ سلیمان جاهی، حوریه؛ فلاحی، شهاب؛ ریاحی مدوار، حسین و مشکات، زهرا (۱۳۸۹). استفاده از سیستم جدید هوشمند استنتاج فازی - عصبی تطابقی برای پیش‌بینی قدرت سرطان‌زایی ویروس پاپیلومای انسانی. *مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک*، ۱(۴)، ۱۰۵-۹۵.

مدحی، صغری و نجفی، محمود (۱۳۹۷). رابطه‌ی روان‌درستی معنوی و امید با کیفیت زندگی و شاد زیستی در سالمندان. *مجله علوم روانشناختی*،۱۷(۶۵)، ۹۴-۷۹.

نظری، شهرام؛ هنرمند، پیمان و هوشیار بادانش، مژده (۱۳۹۸). مقایسه تأثیر یک دوره تمرینات یوگا و پیلاتس بر سلامت روانی و کیفیت زندگی زنان سالمند غیرفعال. *مجله علوم روانشناختی*، ۱۸(۸۲)، ۱۱۶۹-۱۱۶۱.

Akizuki, K., Ohashi, Y. (2015). Measurement of functional task difficulty during motor learning: What level of difficulty corresponds to the optimal challenge point?. *Human movement science*, *43*, 107-117.

Brown, D. A., Lee, T. D., Reinkensmeyer, D. J., & Duarte, J. E. (2016). Designing Robots That Challenge to Optimize Motor Learning. *In Neurorehabilitation Technology* (pp. 39-58),Springer.

Guadagnoli, M., Morin, M. P., & Dubrowski, A. (2012). The application of the challenge point framework in medical education. *Medical education*, 46(5), 447-453.

Guadagnoli, M. A., & Lee, T. D. (2004). Challenge point: a framework for conceptualizing the effects of various practice conditions in motor learning. *Journal of motor behavior*, 36(2), 212-224.

Lee, T. D., Eliasz, K. L., Gonzalez, D., Alguire, K., Ding, K., & Dhaliwal, C. (2016). On the role of error in motor learning. *Journal of motor behavior*, 48(2), 99-115.

Lotay, R., Mace, M., Rinne, P., Burdet, E., & Bentley, P. (2019). *optimizing self-exercise scheduling in motor stroke using Challenge Point Framework theory*. Paper presented at the 2019 IEEE 16th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR).

Onla-or, S. P., & Winstein, C. J. (2008). Determining the optimal challenge point for motor skill learning in adults with moderately severe Parkinson's disease. *Neurorehabilitation and neural repair*, 22, 385–395.

Pesce, C., Crova, C., Marchetti, R., Struzzolino, I., Masci, I., Vannozzi, G., & Forte, R. (2013). Searching for cognitively optimal challenge point in physical activity for children with typical and atypical motor development. *Mental Health and Physical Activity*, 6(3), 172-180.

Sanli, E. A., & Lee, T. D. (2015). Nominal and functional task difficulty in skill acquisition: Effects on performance in two tests of transfer. *Human movement science*, 41, 218-229.

Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2011). *Motor Control and Learning: A Behavioural Emphasis*. fifth ed: Human Kinetics.

Shirzad, N., & Van der Loos, H. M. (2016). Evaluating the user experience of exercising reaching motions with a robot that predicts desired movement difficulty. *Journal of motor behavior*, 48(1), 31-46.

Wadden, K. P., Hodges, N. J., De Asis, K. L., Neva, J. L., & Boyd, L. A. (2019). Individualized Challenge Point Practice as a Method to Aid Motor Sequence Learning. *Journal of motor behavior*, 51(5), 467-485.