View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk

brought to you by CORE

provided by Directory of Open Access Journals

Tech. Edu. J. 15(1): 33-50, Winter 2021

Technology of Education Journal
(TEJ)
Homepage: jte.sru.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Evaluating cognitive load of multimedia learning by eye-tracking data analysis

K. Latifzadeh[1], S. H. Amiri[*,1], A. Bossaghzadeh[1], M. Rahimi[2], R. Ebrahimpour[1]

[1] Department of Artificial Intelligence, Faculty of Computer Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

[2] English Department, Faculty of Humanities, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

Received: 28 April 2020
Reviewed: 19 June 2020
Revised: 31 August 2020
Accepted: 13 September 2020

KEYWORDS:
Multimedia Learning
Language Learning
Cognitive Load
Eye-tracking

* Corresponding author
s.hamidamiri@sru.ac.ir
(+9821) 22970060-9

ABSTRACT

Background and Objectives: Today, it is common to use multimedia in foreign language teaching. There are some principles for designing multimedia that would reduce task cognitive load. These principles are based on the cognitive load theory. The methods of cognitive load measurement are divided into two categories, namely the subjective and objective measurements. NASA-TLX is an example of the subjective measurements; methods such as electroencephalography and eye-tracking are among the objective measurements. Due to the advantages of objective measurements, using these methods is common in cognitive studies. Eye-tracking technology can record different eye-movements of humans such as pupil dilation, saccades, fixations, blinks and microsaccades with a high sampling rate. These measurements are being widely used in cognitive and mental workload studies. In this paper, the cognitive load in multimedia language learning has been evaluated, using eye-tracking data analysis.

Methods: Two multimedia versions for teaching English were produced with the same narration and the length of 342s. In one version, the principles in designing multimedia were applied whereas in the other version, they were violated so that more cognitive load in comparison to the former version could be imposed. Ten subjects whose English listening comprehension was assessed with a simulation of the International English Language Testing System (IELTS) participated in the experiment and were randomly divided into two equal groups of five. The two groups were homogeneous with respect to their listening proficiency. One group watched the multimedia without principles while the other group watched the multimedia with principles. Then, each individual answered 12 multiple choice questions about the concepts presented in the multimedia as a performance test. During watching the multimedia and taking the performance test, the participants' eye movement data were recorded. Then, each person filled out the NASA-TLX Questionnaire. Based on the results of the performance test and the NASA-TLX, the difficulty level of the multimedia without principles as compared to its version with principles was evaluated. The collected data were divided into blocks of 30 seconds.

Findings: Based on the NASA-TLX, the group who watched multimedia without principles experienced more cognitive load in comparison to the group who watched multimedia with principles, which approved our assumption about the higher load of the multimedia without principles. However, no significant difference was found in the results of the performance test between the two groups. According to statistical analyses, the pupil diameter, saccade length, saccade velocity, blink latency, and microsaccade amplitude in the multimedia blocks of both groups were significantly different. Nevertheless, no significant difference was found between the two groups in terms of the fixation time, the fixation rate, and the microsaccade rate.

Conclusion: Based on the findings of this study, pupil dilation, saccade length, saccade velocity, blink latency, and microsaccade amplitude have a significant relationship with the amount of the load imposed by the instructional multimedia which corresponds to the literature review of the study. Based on the results of this study, along with the subjective methods, eye movement data can also be considered as an appropriate tool for assessing the cognitive load imposed by multimedia learning and qualifying the multimedia instructional content. A significant difference was also found between the two groups in the study in terms of their blinking rate. More investigation and different experiments are needed for examining other eye movement criteria that have been investigated in this study, including fixation time, fixation rate, and microsaccade rate so that a more definitive conclusion would be reached regarding a significant relationship between these parameters and the mental load imposed by the multimedia English teaching.

NUMBER OF REFERENCES
33

NUMBER OF FIGURES
29

NUMBER OF TABLES
4

مقاله پژوهشی

ارزیابی بارشناختی با تحلیل داده‌های ردیاب چشمی در یادگیری چندرسانه‌ای زبان

کیهان لطیف‌زاده [۱]، سیدحمید امیری* [۱]، علیرضا بساق‌زاده [۱]، مهرک رحیمی [۲]، رضا ابراهیم‌پور [۱]

[۱] گروه هوش مصنوعی، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران
[۲] گروه زبان انگلیسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: امروزه استفاده از چندرسانه‌ای در آموزش زبان خارجی متداول است. برای طراحی چندرسانه‌ای اصولی وجود دارد که به‌کارگیری آن‌ها موجب کاهش بار شناختی می‌شود. این اصول بر آمده از نظریه بار شناختی هستند. روش‌های اندازه‌گیری بار شناختی به دو دسته خودانگارانه و واقع‌گرایانه تقسیم می‌شوند. روش‌هایی مانند پرسشنامه شاخص بار کاری ناسا در دسته اندازه‌گیری‌های خودانگارانه جای می‌گیرند و روش‌هایی مانند تحلیل سیگنال‌های مغزی یا تحلیل رفتارهای حرکتی چشم در دسته واقع‌گرایانه قرار دارند. امروزه به دلیل مزیت‌هایی که در استفاده از روش‌های واقع‌گرایانه وجود دارد، استفاده از این نوع اندازه‌گیری‌ها در مطالعات شناختی متداول شده است. فناوری ردیابی حرکت چشم می‌تواند رفتارهای مختلف چشم مانند قطر مردمک، ساکاد، تثبیت، پلک‌زدن و میکروساکاد را با نرخ نمونه‌برداری بالا ثبت کند. از این اندازه‌گیری‌ها به صورت گسترده در مطالعات شناختی و بار ذهنی استفاده می‌شود. در این پژوهش بار شناختی در یادگیری چندرسانه‌ای زبان با استفاده از تحلیل داده‌های ردیاب چشمی مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش‌ها: دو نسخه چندرسانه‌ای آموزش زبان انگلیسی با روایت یکسان به طول ۳۴۲ ثانیه ساخته شد. در یکی اصول طراحی چندرسانه‌ای رعایت و در دیگری نقض شده است تا بار شناختی بیشتری نسبت به حالت با اصول اعمال شود. ۱۰ فرد که توانایی شنیداری زبان انگلیسی آن‌ها با شبیه‌سازی آزمون آیلتس ارزیابی شدند، در آزمایش شرکت کردند و به صورت تصادفی به دو گروه ۵ نفره تقسیم شدند. یک گروه، چندرسانه‌ای بدون اصول و گروه دیگر، چندرسانه‌ای با اصول را مشاهده کردند. توانایی شنیداری همه افراد در بازه یکسان قرار داشت. هر گروه یک نسخه از چندرسانه‌ای‌ها را مشاهده کردند و سپس هر فرد به ۱۲ سؤال چهارگزینه‌ای در رابطه با مفاهیم مطرح شده در چندرسانه‌ای به‌عنوان آزمون عملکرد پاسخ داد. در طول فرآیند مشاهده چندرسانه‌ای و آزمون، داده حرکت چشم از هر فرد شرکت‌کننده اخذ شد. سپس هر فرد به پرسش‌نامه شاخص بار کاری ناسا پاسخ داد. در تحلیل با استفاده از نتایج آزمون عملکرد و شاخص بار کاری ناسا، میزان دشواری چندرسانه‌ای بدون اصول نسبت به حالت با اصول اعتبارسنجی شد. داده‌های اخذ شده به بلوک‌های ۳۰ ثانیه‌ای تقسیم شدند.

یافته‌ها: بر پایه نمرات پرسشنامه شاخص بار کاری ناسا، بار شناختی اعمال‌شده بر روی گروه چندرسانه‌ای بدون اصول بیشتر از بار شناختی اعمال‌شده بر روی گروه چندرسانه‌ای با اصول است که تاییدکننده فرض ما در رابطه با بار شناختی بیشتر توسط چندرسانه‌ای بدون اصول هست. اما در مورد نتایج عملکرد تفاوت معناداری بین دو گروه آزمایش یافت نشد. بر اساس آزمون‌های آماری، معیارهای قطر مردمک، طول ساکاد، سرعت ساکاد، تأخیر پلک زدن، و بزرگی میکروساکاد در بلوک‌های چندرسانه‌ای‌های دو گروه، دارای تفاوت معنادار بودند. برای معیارهای مدت‌زمان تثبیت، نرخ تثبیت و نرخ میکروساکاد، تفاوت معناداری یافت نشد.

نتیجه‌گیری: براساس یافته‌های این پژوهش معیارهای قطر مردمک چشم، طول ساکاد، سرعت ساکاد، تأخیر پلک‌زدن و بزرگی میکروساکاد دارای ارتباط معنادار با بار شناختی اعمال‌شده توسط چندرسانه‌ای آموزش زبان هستند که با ادبیات پژوهش نیز مطابقت دارند. بر پایه نتایج این پژوهش، داده حرکت چشم می‌تواند به عنوان معیار مناسبی، در کنار روش‌های خودانگارانه، برای ارزیابی بار شناختی یادگیری چندرسانه‌ای و کیفیت‌سنجی محتوای آموزشی در قالب چندرسانه‌ای، مورد استفاده قرار گیرد. نرخ پلک‌زدن نیز دارای تفاوت معناداری بین دو گروه مورد مطالعه است. در رابطه با سایر معیارهای حرکت چشم که در این پژوهش مطرح شدند، یعنی مدت زمان تثبیت، نرخ تثبیت و نرخ میکروساکاد نیاز به پژوهش

تاریخ دریافت: ۹ اردیبهشت ۱۳۹۹
تاریخ داوری: ۳۰ خرداد ۱۳۹۹
تاریخ اصلاح: ۱۰ شهریور ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۲۳ شهریور ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:
یادگیری چندرسانه‌ای
آموزش زبان
بار شناختی
ردیاب حرکت چشم

* نویسنده مسئول
s.hamidamiri@sru.ac.ir
۰۲۱-۲۲۹۷۰۰۶۰-۹

بیشـتر و طراحی آزمایش‌های مختلف اسـت تا بتوان اظهارنظر قطعی در مورد ارتباط معنادار این پارامترها با بار شـناختی اعمال‌شده توسط چندرسانه‌ای آموزش زبان مطرح کرد.

مقدّمه

امروزه به سبب پیشرفت‌هایی که در زمینه اینترنت و رایانه رخ داده است، استفاده از فناوری‌های رایانه‌ای امر آموزش را دچار تحولات گسترده‌ای کرده است. یکی از این کاربردها، استفاده از محتوای چندرسانه‌ای در آموزش، به‌ویژه آموزش زبان خارجی است. چندرسانه‌ای‌ها به علت ماهیت جذابی که دارند، کیفیت یادگیری را افزایش می‌دهند [۱] و باعث ایجاد علاقه در یادگیرندگان می‌شود [۲، ۳]. امروزه طراحی چندرسانه‌ای امری تخصصی در نظر گرفته می‌شود و برای ساخت محتوای آموزشی باید از چارچوب خاصی پیروی کرد؛ زیرا اگر یک چندرسانه‌ای بدون به‌کارگیری اصول ساخته شود؛ ممکن است که استفاده از آن در امر آموزش ناکارآمد باشد [۱].

اثربخشی استفاده از محتوای چندرسانه‌ای بر کیفیت یادگیری در بسیاری از پژوهش‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. برای مثال در یک پژوهش نشان داده شده است که استفاده از طرح‌واره‌های رایانه‌ای، به‌طور مثبت و معناداری بر یادگیری واژگان زبان انگلیسی تأثیر گذاشته است [۴]. همچنین در پژوهش دیگری نشان داده شده است که افزایش نگرش مثبت به استفاده از رایانه در امر آموزش زبان موجب افزایش چشمگیر انگیزه و خودتنظیمی فراگیران می‌شود [۵]. تأثیر تعامل با چندرسانه‌ای نیز از دیگر موارد مؤثر در افزایش کیفیت یادگیری به‌شمار می‌آید [۶].

مایر (Mayer) [۱] دوازده اصل برای طراحی چندرسانه‌ای مطرح کرده است. این اصول براساس نظریه یادگیری چندرسانه‌ای (Multimedia Learning Theory) بوده و هریک دارای یک ضریب تأثیر هستند. رعایت هریک از این اصول، میزان کیفیت آموزشی چندرسانه‌ای را افزایش می‌دهد و منجر به یادگیری بهتر دانش‌آموزان خواهد شد. این دوازده اصل در سه گروه اصلی مداخله‌گر، ضروری و زایشی دسته‌بندی می‌شوند. چارچوب نظری این پژوهش بر اساس اصول برآمده از دسته اول یعنی اصولی که منجر به کاهش عوامل مداخله‌گر می‌شوند، بنا شده است و عبارتند از:

(۱) اصل انسجام: افراد زمانی که عناصر فرعی حذف شوند، نسبت به زمانی که این عناصر وجود داشته باشد، بهتر یاد می‌گیرند.

(۲) اصل نشانه‌گذاری: اگر سرنخ‌هایی برای بارز کردن عناصر ضروری مطالب، به چندرسانه‌ای افزوده شود؛ یادگیری بهتر صورت می‌گیرد.

(۳) اصل افزونگی: افراد از طریق گرافیک و روایت، نسبت به مواقعی که اطلاعات را از طریق گرافیک، روایت و متن چاپ‌شده دریافت کنند، بهتر یاد می‌گیرند.

(۴) اصل مجاورت مکانی: افراد بهتر یاد می‌گیرند اگر واژگان و تصاویر متناظر نزدیک به هم در یک صفحه یا نمایشگر ارائه شوند نسبت به زمانی که دور از هم قرار گیرند.

(۵) اصل مجاورت زمانی: دانش‌آموزان زمانی که واژه‌ها و تصاویر متناظر به‌صورت هم‌زمان نمایش داده شوند نسبت به زمانی که به‌صورت پیوسته نمایش داده می‌شوند بهتر یاد می‌گیرند.

بر اساس نظریه یادگیری چندرسانه‌ای [۶]، بار شناختی بیانگر باری است که در طول یک فرآیند یادگیری توسط مواد آموزشی بر حافظه کاری فرد یادگیرنده اعمال می‌شود. هر چه میزان بار شناختی اعمال شده کمتر باشد، عملکرد دانش‌آموز در یادگیری بهتر است [۱]. بار شناختی در سطوح مختلف قابل اندازه‌گیری است. همچنین روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری بار شناختی وجود دارد که در دو دسته خودانگارانه (subjective) و واقع‌گرایانه (objective) طبقه‌بندی می‌شوند [۷]. فراگیران قادر به اندازه‌گیری تلاش ذهنی صرف شده در طول یادگیری و آزمون هستند و این امتیازدهی برای تلاش صرف شده، می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای بار شناختی در نظر گرفته شود. اندازه‌گیری‌هایی که توسط خود فرد گزارش می‌شود، در دسته خودانگارانه جای می‌گیرد. اندازه‌گیری‌های واقع‌گرایانه نیز برآمده از تحلیل داده‌های رفتاری یا فیزیولوژیک یک فرد در حین یادگیری است. هرکدام از این روش‌ها محدودیت و مزیت‌های خود را دارند. اندازه‌گیری بار شناختی می‌تواند در کیفیت‌سنجی چندرسانه‌ای طراحی‌شده مورد استفاده قرار گیرد؛ به‌گونه‌ای که هرچه میزان بار شناختی کمتری توسط یک چندرسانه‌ای آموزشی به فرد یادگیرنده اعمال شود، طراحی آن به لحاظ کیفیت آموزشی موفق‌تر بوده است [۶].

یکی از پرکاربردترین روش‌های خودانگارانه اندازه‌گیری بار شناختی، استفاده از شاخص بار کاری ناسا است که توسط خود فرد شرکت‌کننده در یک فعالیت شناختی، اظهار می‌شود و از این لحاظ حائز اهمیت است که فرد تغییرات بار شناختی اعمال‌شده بر خود را احساس می‌کند [۸]. در تعداد زیادی از پژوهش‌هایی که روش‌های فیزیولوژیکی (physiologic) را برای اندازه‌گیری بار شناختی به‌کار می‌برند، از شاخص بار کاری ناسا به‌عنوان ارزیابی اندازه‌گیری‌ها استفاده می‌کنند [۹]. استفاده از شاخص بار کاری ناسا، دارای محدودیت‌هایی نیز هست؛ برای مثال امکان اندازه‌گیری بلادرنگ بار شناختی با استفاده از این روش میسر نیست. همچنین فرد ممکن است به بسیاری از جنبه‌های ناخودآگاه خود در طول یک فعالیت شناختی آگاه نباشد و تصمیم‌گیری وی وابسته به معیارهای شخصی باشد که منجر به گزارش مقادیر مختلف برای بار شناختی خواهد شد.

اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیکی که در دسته روش‌های واقع‌گرایانه جای می‌گیرند، ابزارهای مناسبی برای درک ارتباط بین حافظه کاری و یادگیری را فراهم می‌کنند. اغلب این اندازه‌گیری‌ها مانند سیگنال مغزی، افام‌آرآی، ردیاب چشمی و ضربان قلب به‌صورت بلادرنگ هستند. یکی از پرکاربردترین ابزارهای پژوهشی در حوزه علوم شناختی، استفاده از دستگاه ردیاب چشم است. داده‌هایی که توسط این دستگاه جمع‌آوری

می‌شود در تحلیل بسیاری از فعالیت‌های شناختی استفاده می‌شود. معیارهای مختلفی از داده‌های استخراج شده توسط دستگاه ردیاب چشم مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ برای مثال پراکندگی، مدت زمان تثبیت چشم و نرخ پلک‌زدن در پژوهش‌های بسیاری برای ارزیابی بار شناختی مورد استفاده قرار گرفته است [۱۰-۱۵]. یکی از پرکاربردترین معیارها، بررسی تغییرات قطر مردمک چشم است که تحقیقات بسیاری نشان داده‌اند که افزایش بار شناختی در طول یک فعالیت یادگیری شناختی، با افزایش قطر مردمک چشم همراه است [۱۵-۱۸].

در پژوهش‌ها از تثبیت چشم، ساکاد (saccade)، قطر مردمک، پلک زدن و میکروساکاد(microsaccade) به‌عنوان معیارهایی که از داده‌های ردیاب چشمی استخراج می‌شوند در ارزیابی بار شناختی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ادامه هر یک از این معیارها توضیح داده خواهند شد و ارتباط هریک با بار شناختی بر اساس پژوهش‌های گذشته بیان می‌شود.

تثبیت چشم هنگامی رخ می‌دهد که چشم برای مدت معین در وضعیت متمرکز قرار می‌گیرد. این حرکت به‌صورت ارادی رخ می‌دهد و بین ۲۰۰-۳۰۰ میلی‌ثانیه تا چندثانیه طول می‌کشد که فرد در این مدت به ناحیه خاصی خیره می‌شود. در پژوهش‌ها تعداد تثبیت‌های چشم و مدت‌زمان تثبیت در اندازه‌گیری بار شناختی مورد استفاده قرار گرفته است. محققان [۱۹, ۲۰] نشان داده‌اند که هرچه بار شناختی بیشتر باشد مدت زمان تثبیت‌های چشم نیز بیشتر است؛ ولی تعداد تثبیت‌های چشم با بار شناختی رابطه عکس دارد و با افزایش بار شناختی تعداد تثبیت‌ها کاهش پیدا می‌کند.

معیار دیگری که از ردیابی حرکت چشم استخراج می‌شود ساکاد است. انتقال چشم از یک ناحیه به ناحیه دیگر را ساکاد می‌گویند. به‌عبارت دیگر ساکاد حرکتی است ارادی، از یک تثبیت به تثبیت دیگر. ساکاد سریع‌ترین حرکت بدن است که معمولاً بین ۳۰ تا ۸۰ میلی‌ثانیه انجام می‌شود. در پژوهش‌ها از طول ساکاد و سرعت ساکاد برای ارزیابی بار شناختی استفاده می‌شود. بر اساس یافته‌ها [۱۹، ۲۱] هرچه میزان بار شناختی بیشتر باشد، ساکادها بلندتر و سرعت ساکادها بیشتر است.

معیار دیگر مورد استفاده در اندازه‌گیری بار شناختی پاسخ قطر مردمک چشم است که به‌صورت غیرارادی رخ می‌دهد. قطر مردمک بین ۱/۵ تا ۸ میلی‌متر تغییر می‌کند. پژوهش‌های بسیاری نشان داده‌اند که افزایش بار شناختی با افزایش قطر مردمک چشم همراه است [۱۹، ۲۲-۲۵].

در یک پژوهش [۲۶] از بیشینه تغییرات قطر مردمک برای ارزیابی بار شناختی در طول یک فعالیت شناختی استفاده شده است، به‌گونه‌ای که اندازه مردمک چشم در حالت استراحت را از بیشینه اندازه قطر مردمک در طول فعالیت کسر کرده‌اند. اگر نمره به‌دست آمده مثبت باشد به معنای افزایش بار شناختی است و اگر منفی باشد کاهش بار شناختی از آن تفسیر می‌شود. قدر مطلق اندازه تغییرات نیز شدت کاهش یا افزایش بار شناختی را نشان می‌دهد.

تعداد و تأخیر پلک زدن می‌تواند به‌عنوان معیارهایی برای ارزیابی بار شناختی استفاده شود. پلک زدن، اگرچه می‌تواند به‌صورت ارادی هم رخ دهد؛ اما در بسیاری از موارد به‌صورت غیرارادی انجام می‌شود. بر اساس یافته‌ها با افزایش بار شناختی نرخ پلک زدن کاهش می‌یابد [۱۹]؛ ولی تأخیر پلک زدن با افزایش همراه است [۲۱].

میکروساکادها جزو حرکات ریز و غیرارادی چشم هستند که در هنگام تلاش برای تثبیت‌های چشمی رخ می‌دهند. این حرکات غیرارادی، کوچک، بسیار سریع و مشابه نسخه‌های بسیار کوچک ساکادهای داوطلبانه هستند. آن‌ها معمولاً در طول تثبیت‌های طولانی و بیشتر از یک ثانیه رخ می‌دهند. بزرگی میکروساکاد در محدوده ۲ تا ۱۲ کمان‌ثانیه است [۲۷].

استفاده از میکروساکاد در اندازه‌گیری بار شناختی، رویکرد نسبتاً جدیدی است. سیگنتالر (Siegenthaler) و همکاران [۲۸]، تأثیر دشواری کار بر میکروساکاد را حین انجام یک عملیات ذهنی ریاضی مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آن‌ها حاکی از کاهش نرخ میکروساکاد و افزایش بزرگی میکروساکاد با افزایش دشواری فعالیت شناختی است. طبق یافته‌های گائو (Gao) و همکاران [۲۹] افزایش سطح دشواری یک فعالیت حل مسأله ریاضی موجب تعدیل چشمگیر نرخ میکروساکاد در مقایسه با حالت قبل (حالت پایه) و بعد از فعالیت می‌شود. دالماسو (Dalmaso) و همکاران [۳۰] نیز یافته‌های مشابه پژوهش‌های قبل‌تر [۲۸, ۲۹, ۳۱] به‌دست آوردند که افزایش بار شناختی با افزایش بزرگی میکروساکاد و تعدیل نرخ آن همراه است.

این پژوهش سعی دارد، اثر تغییرات بار شناختی حاصل از یادگیری چندرسانه‌ای زبان، بر پارامترهای داده‌های حرکت چشم که در بالا شرح داده شده است را مورد بررسی قرار دهد. یکی از نوآوری‌های به‌کار رفته در این پژوهش استفاده از چندرسانه‌ای در قالب ویدئو است و مطالب به‌صورت پیوسته به فرد منتقل می‌شود. پژوهش‌های گذشته عموماً از صفحات ایستا به‌عنوان چندرسانه‌ای استفاده کرده‌اند. این تفاوت باعث شده است که معیارهای مختلف را در بازه‌های زمانی متناسب مورد بررسی قرار دهیم. بررسی ۹ معیار متنوع داده حرکت چشم در ارزیابی بار شناختی یادگیری چندرسانه‌ای از دیگر نوآوری‌های این پژوهش است. نوع‌آوری دیگر، ارزیابی بار شناختی در آموزش زبان انگلیسی است. در ادامه، در بخش ۲، به شرح روش تحقیق، فرض‌های پژوهش، نحوه طراحی آزمایش، افراد شرکت‌کننده و مواد استفاده شده پرداخته می‌شود. در بخش ۳ نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری، کمّی و کیفی مورد بررسی قرار خواهد گرفت و در نهایت در بخش ۴ نتیجه‌گیری‌های این پژوهش به‌طور خلاصه بیان می‌شود.

روش تحقیق

هدف این پژوهش بررسی بار شناختی اعمال شده توسط چندرسانه‌ای آموزش زبان با استفاده از تحلیل داده‌های حرکت چشم است. آزمایش برای هرفرد در دو جلسه انجام می‌گیرد و فرد هربار یک چندرسانه‌ای آموزش زبان را مشاهده می‌کند، سپس وارد مرحله آزمون می‌شود و باید

به سؤالاتی در رابطه با مفاهیم مطرح شده در چندرسانه‌ای پاسخ دهد. در نهایت نیز باید پرسش‌نامه شاخص بار کاری ناسا را جواب دهد. در یکی از چندرسانه‌ای‌ها، پنج اصل اول طراحی چندرسانه‌ای رعایت شده است و در دیگری این اصول در تعدادی از صحنه به عمد نقض شده‌اند. انتظار می‌رود که فرد در طول مشاهده ویدئوی بدون اصول نسبت به حالتی که ویدئوی با اصول را مشاهده می‌کند، بار شناختی بیشتری را متحمل شود. در این پژوهش برای سنجش این فرضیه به بررسی معیارهای داده ردیاب چشمی پرداخته می‌شود. نتایج آزمون عملکرد و پرسش‌نامه شاخص بار کاری ناسا نیز به‌عنوان داده مکمل و اعتبارسنجی نتایج حاصل از تحلیل داده چشمی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

فرضیات مسأله

فرضیات مسأله به شرح زیر است

فرض اول: با افزایش بار شناختی اعمال‌شده در طول مشاهده یک چندرسانه‌ای آموزش زبان انگلیسی، قطر مردمک چشم افزایش می‌یابد (H_1).

فرض دوم: با افزایش بار شناختی اعمال‌شده در طول مشاهده یک چندرسانه‌ای آموزش زبان انگلیسی، مدت‌زمان تثبیت چشمی افزایش می‌یابد (H_2).

فرض سوم: با افزایش بار شناختی اعمال‌شده در طول مشاهده یک چندرسانه‌ای آموزش زبان انگلیسی، نرخ تثبیت چشمی کاهش می‌یابد (H_3).

فرض چهارم: با افزایش بار شناختی اعمال‌شده در طول مشاهده یک چندرسانه‌ای آموزش زبان انگلیسی، طول ساکاد افزایش می‌یابد (H_4).

فرض پنجم: با افزایش بار شناختی اعمال‌شده در طول مشاهده یک چندرسانه‌ای آموزش زبان انگلیسی، سرعت ساکاد افزایش می‌یابد (H_5).

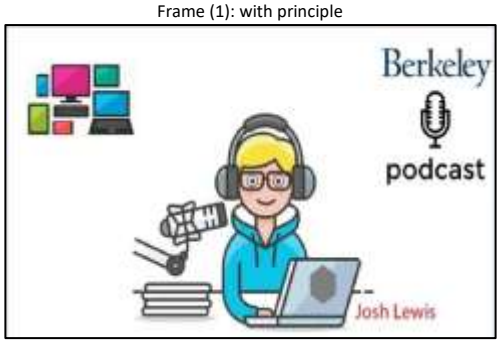
فرض ششم: با افزایش بار شناختی اعمال‌شده در طول مشاهده یک چندرسانه‌ای آموزش زبان انگلیسی، نرخ پلک زدن کاهش می‌یابد (H_6).

فرض هفتم: با افزایش بار شناختی اعمال‌شده در طول مشاهده یک چندرسانه‌ای آموزش زبان انگلیسی، تأخیر پلک زدن افزایش می‌یابد (H_7).

فرض هشتم: با افزایش بار شناختی اعمال‌شده در طول مشاهده یک چندرسانه‌ای آموزش زبان انگلیسی، بزرگی میکروساکاد افزایش می‌یابد (H_8).

فرض نهم: با افزایش بار شناختی اعمال‌شده در طول مشاهده یک چندرسانه‌ای آموزش زبان انگلیسی، نرخ میکروساکاد کاهش می‌یابد (H_9).

Frame (1): with principle



Frame (2): without principle

شکل ۱: نمونه‌ای از دو فریم متناظر با رعایت/ نقض اصل انسجام
Fig. 1: Sample frames of coherence principle (applied/violated)

شرکت‌کنندگان

افراد شرکت‌کننده در این آزمایش همگی از دانشجویان دوره کارشناسی آموزش زبان انگلیسی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی تهران بودند که در بازه سنی ۱۹ تا ۲۴ سال قرار داشتند. ۱۵ نفر برای این آزمایش انتخاب شدند که همگی دارای بینایی عادی یا اصلاح شده به عادی، بودند. ۳ نفر به دلیل مشکلات کالیبره کردن چشم و ۲ نفر به دلیل اخذ داده ناقص از پژوهش کنار گذاشته شدند. درنهایت از ۱۰ نفر داده ردیاب چشمی سالم اخذ شد (میانگین سنی: ۲۰/۸۰±۲/۲۵). همچنین بعد از اخذ داده، طی پرسش‌نامه‌ای از وجود دانش قبلی درباره موضوع مطرح‌شده در چندرسانه‌ای‌های مشاهده شده سؤال به‌عمل آمد تا اگر احیاناً فردی با دانش قبلی در آزمایش شرکت کرده باشد؛ داده اخذ شده از وی، از تحلیل‌ها کنار گذاشته شود.

شرح دقیق مراحل اخذ داده از قبل به تمامی شرکت‌کنندگان اعلام شد و تمامی آن‌ها برای شرکت در آزمایش ملزم به پر کردن فرم رضایت‌نامه بودند. توانایی شنیداری زبان انگلیسی شرکت‌کنندگان توسط سؤالات استاندارد بخش شنیداری آزمون آیلتس در شرایط شبیه‌سازی ارزیابی شده است. تمامی نمرات بین ۶ و ۷ (از ۹) بوده‌اند (میانگین: ۶/۴۵، پراکندگی: ۰/۴۳±).

ابزار پژوهش

در این بخش نحوه آماده‌سازی و جزئیات سه عنصر اصلی مورد استفاده در آزمایش این پژوهش یعنی محتوای آموزشی چندرسانه‌ای، آزمون و شاخص بار کاری ناسا شرح داده شده است.

محتوای آموزشی چندرسانه‌ای

برای ساخت چندرسانه‌ای مورد استفاده در آزمایش، متن و روایت صوتی فصل ۱۱ از کتاب Open Forum 3 [۳۲] انتخاب شد. دو نسخه چندرسانه‌ای به طول ۳۴۲ ثانیه ساخته شد. در نسخه اول، پنج قاعده اول اصول طراحی چندرسانه‌ای رعایت شده است و در نسخه دوم در بعضی از فریم‌ها(frame) این اصول به‌طور عامدانه نقض شده‌اند که انتظار می‌رود منجر به افزایش بار شناختی شود.

Frame (1): with principle

Frame (2): without principle

شکل ۲: نمونه‌ای از دو فریم متناظر با رعایت/ نقض اصل افزونگی

Fig. 2: Sample frames of redundancy principle (applied/violated)

در شکل‌های ۱ تا ۵، مثال‌هایی از رعایت و نقض هریک از این پنج اصل در دو نسخه چندرسانه‌ای طراحی شده آمده است. در هر شکل دو نسخه فریم قرار دارد که یکی از فیلم با اصول و دیگری فریم متناظر در فیلم بدون اصول است.

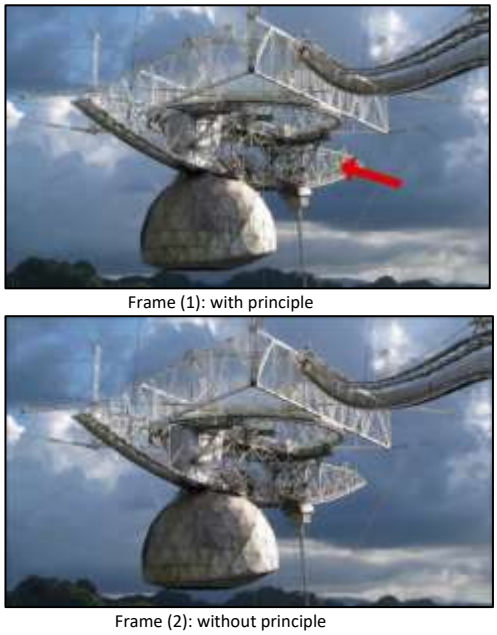
در فریم‌هایی که در شکل ۱ آمده است، فرد گوینده مقدمه‌ای را در رابطه با موضوعی که قرار است در ادامه چندرسانه‌ای در مورد آن صحبت کند؛ بیان می‌کند. در فریم (۱) این شکل، عناصر و متون اضافی از تصویر حذف شده‌اند (رعایت اصل انسجام)؛ ولی در فریم (۲) در اطراف تصویر عناصر اضافی شامل تصاویر و متون قرار دارند که در آن لحظات از چندرسانه‌ای ضرورتی برای قرار گرفتن این عناصر در تصویر وجود ندارد و قرار گرفتن آن‌ها در صفحه، موجب عدم تمرکز فرد بر روی عناصر مهم در تصویر می‌شود (عدم رعایت اصل انسجام).

فریم‌های شکل ۲ مثال‌هایی از رعایت/ نقض اصل افزونگی هستند. در فریم (۱) این شکل، فرد تنها تصاویر لازم را مشاهده می‌کند و روایت مربوطه را می‌شنود. درحالی‌که در فریم (۲)، علاوه بر تصاویر مرتبط و روایت، متن نوشته شده روایت را نیز باید بخواند که در واقع نقض اصل افزونگی است و منجر به افزایش بار شناختی می‌شود. در واقع استفاده همزمان متن و تصویر موجب دریافت اطلاعات یکسان در دو قالب مختلف می‌شود و تمرکز فرد منحرف خواهد شد.

فریم‌های موجود در شکل ۳، در رابطه با شرح ابعاد قسمت‌های مختلف شیء موجود در تصویر هستند. در فریم (۱) شکل ۳، قسمتی که ابعاد آن شنیده می‌شود، توسط یک فلش قرمز رنگ نمایان شده است که نمونه‌ای از رعایت اصل نشانه‌گذاری در ساخت چندرسانه‌ای هست؛ اما در فریم (۲) شکل ۳ این اصل رعایت نشده است که ممکن است موجب سردرگمی فرد و جست‌وجوی تصویر برای یافتن قسمت مربوطه شود. در واقع در شکل ۳، راوی در حال صحبت کردن راجع‌به اندازه و ابعاد قسمت خاصی از تلسکوپ است. با توجه با وجود قسمت‌های مختلف در تلسکوپ، بهتر است که ناحیه مد نظر با نشانه‌گذاری مشخص شود.

فریم‌های شکل ۴ نیز نمونه‌ای از رعایت/ نقض اصل مجاورت مکانی هستند. در فریم (۱) متن شرح قسمتی از تصویر در مجاورت آن ناحیه قرار داده شده است؛ درحالی‌که در فریم (۲)، شرح قسمت‌های مختلف تصویر دور از نواحی مرتبط قرار دارند و فرد برای درک ارتباط توضیحات و تصاویر باید فریم را جست‌وجو کند که منجر به افزایش بار شناختی خواهد شد.

فریم‌های (۱) و (۲) شکل ۵ دو فریم متوالی از فیلم با اصول هستند و فریم‌های (۳) و (۴) نیز دو فریم متوالی در فیلم بدون اصول که به ترتیب متناظر با فریم‌های (۱) و (۲) شکل ۵ هستند. همان‌طورکه مشاهده می‌شود در فریم‌های فیلم با اصول تصاویر موجود در هر فریم با یک ترتیب زمانی ظاهر می‌شوند که درواقع متناظر با روایت صوتی هستند. درحالی‌که ترتیب زمانی در فریم‌های بدون اصول رعایت نشده است و فرد اطلاعات بصری را زودتر ازآنچه که روایت صوتی در رابطه با آن توضیح دهد مشاهده می‌کند که این موجب افزایش بار شناختی و درنتیجه کاهش کیفیت یادگیری می‌شود.



Frame (1): with principle

Frame (2): without principle

شکل ۳: نمونه‌ای از دو فریم متناظر با رعایت/ نقض اصل نشانه‌گذاری

Fig. 3: Sample frames of signaling principle (applied/violated)

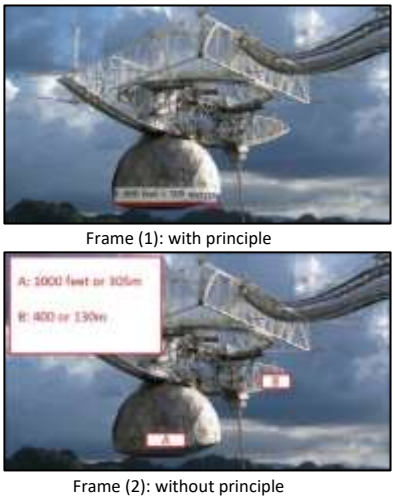
کلیه چندرسانه‌ای‌ها توسط دو متخصص آموزش زبان و دو متخصص نرم‌افزار برای سنجش به‌کارگیری صحیح اصول طراحی چند رسانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. اصلاحات مورد درخواست در طراحی ارائه‌ها اعمال شد و پس از تأیید متخصصان مورد استفاده قرار گرفت.

آزمون

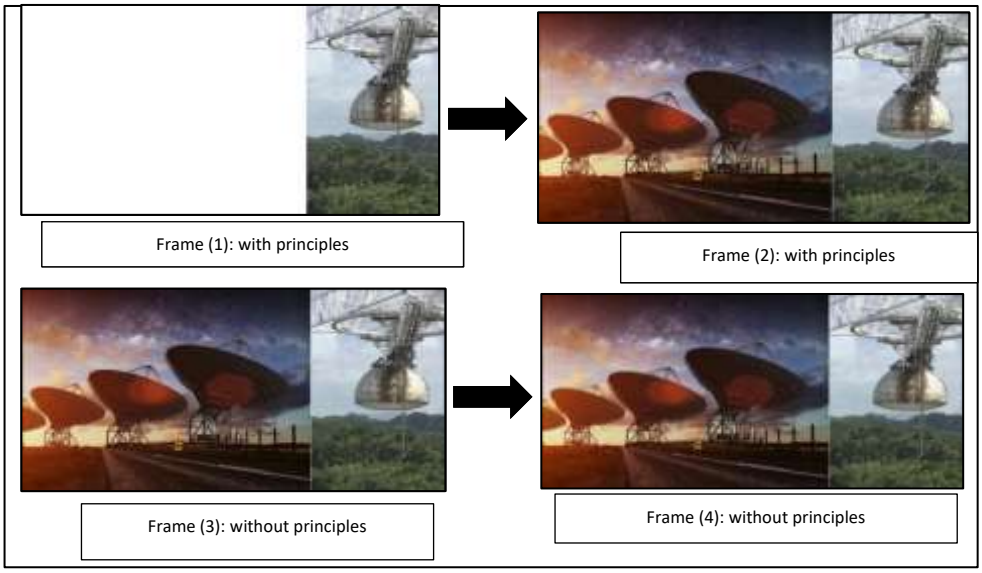
برای سنجش عملکرد شرکت‌کنندگان، توسط دو متخصص آموزش زبان انگلیسی، ۱۲ سؤال از مفاهیم مطرح شده در چندرسانه‌ای طراحی شدند. این سؤالات به نحوی طراحی شدند تا تأثیر رعایت/ نقض اصول طراحی چندرسانه‌ای را مورد ارزیابی قرار دهند. مدت زمان پاسخ‌دهی به این ۱۲ سؤال ۴۲۰ ثانیه است و برای حفظ ثبات فیزیکی فرد شرکت‌کننده تمامی سؤالات به‌صورت چهارگزینه‌ای و رایانه‌ای هستند تا شرایط برای اخذ داده تمیز حفظ شود. عملکرد افراد شرکت‌کننده در کنار شاخص بار کاری ناسا برای ارزیابی نتایج حاصل از تحلیل داده‌های ردیاب چشمی استفاده می‌شود. سؤالات آزمون توسط دو مدرس زبان مورد بررسی و تأیید قرار گرفت. آزمون در گروه مشابه شرکت کنندگان این پژوهش اجرا شد و اعتبار آن مورد تأیید قرار گرفت (Cronbach's alpha=.71).

شاخص بار کاری ناسا

در این پژوهش از شاخص بار کاری ناسا به‌عنوان معیار فردی استفاده شده است. این شاخص شامل شش زیر مقیاس است که عوامل مختلفی را در ارتباط با تکمیل یک فعالیت شناختی اندازه‌گیری می‌کند: (۱) نیازمندی‌های ذهنی (چقدر فعالیت ذهنی و ادراکی مورد نیاز بود؟)، (۲) نیازمندی‌های فیزیکی (چقدر فعالیت فیزیکی مورد نیاز بود؟)، (۳) نیازمندی‌های زمانی (به چه میزان فشار زمانی احساس شده است؟)، (۴) عملکرد (به نظر شما، موفقیتتان در انجام اهداف تعیین شده توسط آزمایشگر چقدر موفقیت‌آمیز بوده است؟)، (۵) تلاش (چقدر دشوار بود که کار - ذهنی و فیزیکی - انجام دهید تا به سطح عملکرد مورد انتظار خود برسید؟) و (۶) سطح ناامیدی (چقدر در طول انجام این کار، احساس ناامنی، ناامیدی، عصبی شدن، پریشان خاطر شدن را به جای احساس امنیت، رضایت و آرامش تجربه کردید؟). در مرحله اول فرد باید به هر یک از شش زیر مقیاس ذکر شده امتیازی از ۰ تا ۱۰۰ بدهد (شکل ۶). سپس به پانزده سؤال دیگر پاسخ می‌دهد (شکل ۷). هر سؤال یک جفت از زیر مقیاس‌ها را مطرح می‌کند و فرد باید یکی از آن‌ها را که نسبت به دیگری باعث اعمال فشار کاری بیشتری بر وی شده است را انتخاب نماید. پاسخ‌دهی به سؤالات این مرحله، ضرایب تأثیر هر یک از زیر مقیاس‌ها را مشخص می‌نماید.



شکل ۴: نمونه‌ای از دو فریم متناظر با رعایت/ نقض اصل مجاورت فضایی
Fig. 4: Sample frames of spatial contiguity principle (applied/violated)

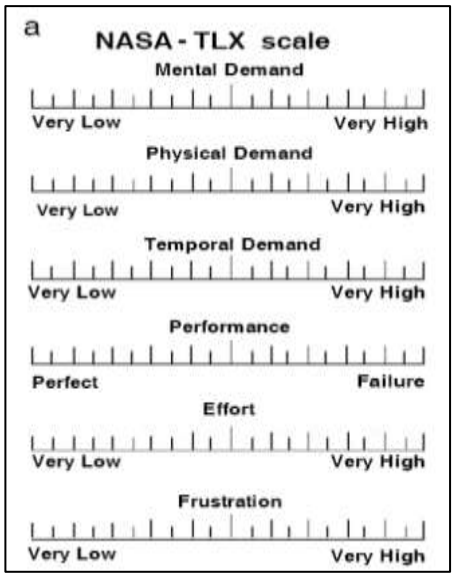


شکل ۵: نمونه‌ای از رعایت/ نقض اصل مجاورت زمانی
Fig. 5: Sample frames of temporal contiguity principle (applied/violated)

بدین ترتیب میانگین وزن‌دار توسط امتیازات داده شده محاسبه و به‌عنوان شاخصی برای بار شناختی اعمال‌شده گزارش می‌شود. در این پژوهش، مقادیر به‌دست آمده از این شاخص را به‌عنوان معیاری برای ارزیابی نتایج حاصل از تحلیل داده‌های تغییرات حرکات چشمی مورد استفاده قرار گرفته است. پرسش‌نامه شاخص بار کاری ناسا در قالب‌های مختلفی اعم از نسخه کاغذی، رایانه‌ای، نرم‌افزار تلفن‌همراه و همچنین به‌صورت پرسش و پاسخ شفاهی ارائه شده است. نسخه‌های متداول آن کاغذی و شفاهی هستند که مطابق با پژوهش‌های گذشته [۳۳] این دو نسخه با یکدیگر هم ارز هستند. در این مقاله، از نسخه کاغذی این پرسش‌نامه استفاده شده است تا بتوان تضمین داد که معیارهای محاسبه شده، قابل اعتماد هستند.

روند انجام آزمایش

روند کلی آزمایش در شکل ۸ به تصویر کشیده شده است. شرکت‌کنندگان در آزمایش، روبروی یک نمایشگر نشستند و پس از تثبیت حالت نشستن، سر خود را بر روی چانه‌گیر قرار دادند تا از حرکات اضافی جلوگیری شود. سپس مردمک چشم آن‌ها برای دستگاه ردیاب چشمی توسط یک کاربر متخصص کالیبره(calibration) و اخذ داده با نرخ ۱۰۰۰ نمونه بر ثانیه توسط دستگاه آغاز می‌شد. از هر شرکت‌کننده خواسته شد که به مدت ۳۰ ثانیه، به یک نقطه کوچک سیاه (به شعاع ۲ میلی‌متر) در مرکز یک صفحه خاکستری در نمایشگر نگاه کنند. از آن‌ها خواسته شد که در این حالت آرامش خود را حفظ کنند و به چیز خاصی فکر ننمایند. در طی این ۳۰ ثانیه از هر شرکت‌کننده، داده حرکت چشم به عنوان حالت استراحت یا مبنا اخذ شد که در محاسبه تغییرات مردمک چشم کاربرد دارد. بعد از اخذ داده حالت استراحت، به‌صورت خودکار با نمایش یک پیغام خوشامد، پس از ۵ ثانیه، چندرسانه‌ای، شروع به نمایش کرد. امکان تعامل با چندرسانه‌ای وجود نداشت و فرد فقط یک‌بار چندرسانه‌ای را از ابتدا تا انتها مشاهده نمود. بعد از به پایان رسیدن چندرسانه‌ای، پیغامی به‌صورت خودکار روی صفحه با این مضمون نمایش داده شد که وی باید در مرحله بعد به ۱۲ سؤال طی ۸ دقیقه پاسخ دهد.

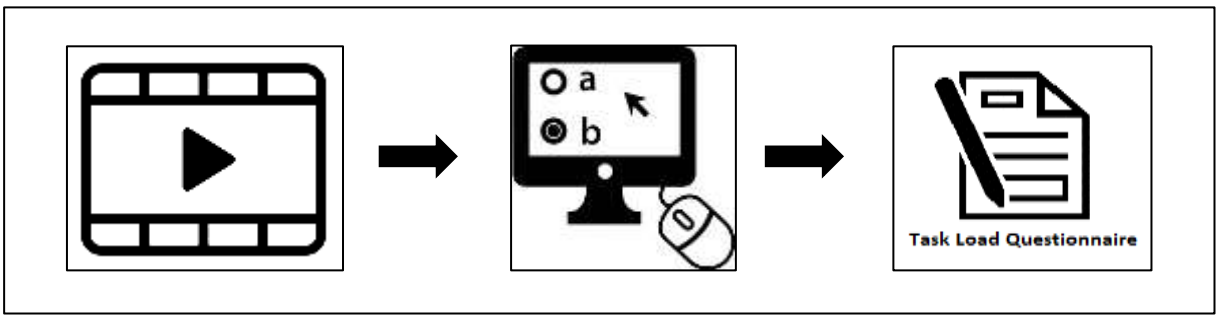


شکل ۶: صفحه اول پرسشنامه شاخص بار کاری ناسا

Fig. 6: First page of NASA-TLX questionnaire

شکل ۷: صفحه دوم پرسشنامه شاخص بار کاری ناسا

Fig. 7: Second page of NASA-TLX questionnaire



شکل ۸: روند انجام آزمایش. به ترتیب از چپ به راست: مشاهده چندرسانه‌ای، آزمون عملکرد، پرسش‌نامه شاخص بار کاری ناسا

Fig. 8: Experiment procedure. Left to right: watching the multimedia, performance test, NASA-TLX questionnaire

بعد از ۲۰ ثانیه مرحله آزمون شروع می‌شد. روند آزمون، به‌صورت رایانه‌ای بود و فرد به‌وسیله واسط موشواره می‌توانست با نرم‌افزار آزمون تعامل داشته باشد. در هرلحظه تنها یک سؤال قابل‌رؤیت بود؛ ولی امکان جابه‌جایی بین سؤالات وجود داشت و محدودیتی برای رؤیت سؤالات در نظر گرفته نشده بود. نمایی از نرم‌افزار آزمون در شکل ۱۱ آمده است. زمان باقیمانده در گوشه سمت راست بالای صفحه در هرلحظه قابل‌مشاهده بود. فهرست سؤالات در زیر صفحه در دسترس بود و فرد می‌توانست ببیند به کدام سؤالات پاسخ داده است و کدام سؤالات هنوز پاسخ داده نشده‌اند. از طریق همین فهرست امکان انتخاب سؤالات به‌صورت مستقیم وجود داشت. از طریق دکمه‌های سمت راست و چپ صفحه نیز جابه‌جایی بین سؤالات میسر بود. امکان پاسخ سفید برای هر سؤال نیز وجود داشت. فرد می‌توانست زودتر از به پایان رسیدن زمان آزمون، به این مرحله خاتمه دهد یا تا پایان زمان آزمون فرآیند را ادامه دهد. پس از اتمام مرحله آزمون، پیغام تشکر بر روی صفحه ظاهر می‌شد. شرکت‌کنندگان در این آزمایش، به‌صورت تصادفی به دو گروه ۵ نفره تقسیم شدند؛ یک گروه، چندرسانه‌ای بدون اصول و گروه دیگر، چندرسانه‌ای با اصول را مشاهده کردند.

بعد از اتمام مراحل مشاهده چندرسانه‌ای و آزمون عملکرد، ثبت داده متوقف و فرد شرکت‌کننده از حالت ثابت خارج می‌شد. سپس پرسش‌نامه شاخص بار کاری ناسا به وی تحویل داده می‌شد. قالب این پرسش‌نامه به‌صورت کاغذی و شامل دو صفحه بود که نمونه‌ای از آن در شکل ۶ و شکل ۷ آمده است.

به‌منظور آشنایی هر شرکت‌کننده با نرم‌افزار و روند آزمایش، هر فرد تمامی مراحل بالا را به‌ازای یک چندرسانه‌ای یک‌دقیقه‌ای (مستقل از دو چندرسانه‌ای اصلی آزمایش) طی کرد و به دو سؤال ساده نیز در مرحله آزمون پاسخ داد. تکرار مرحله آزمایشی می‌توانست تا زمانی که فرد به‌طور کامل بر روند آزمایش تسلط پیدا کند، ادامه داشته باشد.

نتایج و بحث

برای شروع تحلیل‌ها در رابطه با بار شناختی اعمال‌شده بر دو گروهی که نسخه‌های با اصول و بدون اصول چندرسانه‌ای طراحی‌شده را مشاهده کردند ابتدا به بررسی نمرات شاخص بار کاری ناسا که روشی خودانگارانه برای ارزیابی بار شناختی است پرداخته می‌شود. با توجه به شکل ۹ بار کاری اعمال‌شده بر روی گروه چندرسانه‌ای بدون اصول بیشتر از بار شناختی اعمال‌شده بر روی گروه چندرسانه‌ای با اصول است جدول ۱ اختلاف بین دو گروه طبق آزمون تی مستقل (t(8) = -2.329, p = 0.042) معنادار است؛ چراکه چندرسانه‌ای بدون اصول به‌گونه‌ای طراحی شده است که موجب افزایش بار شناختی به‌صورت نسبی شود؛ یعنی ویدئوی بدون اصول بار شناختی بیشتری نسبت به ویدئوی با اصول اعمال کند.

همچنین نمرات آزمون عملکرد دو گروه نیز برای بررسی دقیق‌تر گزارش شده است. با توجه به شکل ۱۰ همان‌گونه که انتظار می‌رود، میانگین نمرات گروه چندرسانه‌ای با اصول به‌صورت نسبی بهتر از گروه دیگر شده است (جدول ۲)؛ اما این اختلاف با در نظر گرفتن نتایج آزمون تی مستقل معنادار نیست (t(8) = 1.967, p = 0.077)؛ و حاکی از آن است که چندرسانه‌ای بدون اصول منجر به این نشده که افراد شرکت‌کننده با اعمال بار شناختیِ بیش‌ازحد، روبرو شوند و درنتیجه توانسته‌اند بخش اعظمی از مطالب را درک کنند.

در این پژوهش تأثیر هریک از اصول طراحی چندرسانه‌ای به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار نمی‌گیرد؛ بلکه تأثیر این اصول در میزان بار شناختی به‌صورت کلی و در کنار هم مورد بررسی قرار گرفت؛ ولی با توجه به مدت زمان زیاد چندرسانه‌ای (تقریباً ۶ دقیقه)، هریک از سیگنال‌های حرکت چشم به بازه‌های زمانی کوچک‌تر و مساوی (۳۰ ثانیه‌ای) که دراین مقاله بلوک نامگذاری شده‌اند تقسیم شدند و سپس برای هر شرکت‌کننده، هر کدام از معیارها، در هر بلوک محاسبه شد. سپس در هر بلوک مقادیر هریک از معیارهای حرکت چشمِ تمامی شرکت‌کنندگان گروه مربوطه میانگین‌گیری شد. لازم به ذکر است که طول هر دو چندرسانه‌ای و روایت صوتی هر دو یکسان بود.

برای بررسی فرض‌های مطرح‌شده در بخش ۲، هر یک از معیارهای داده‌های ردیاب چشمی بار شناختی، در بلوک‌های ۳۰ ثانیه‌ای برای هرگروه محاسبه شده است. همچنین برای ارزیابی اختلاف هریک از معیارهای اندازه‌گیری شده بین دو گروه از آزمون آماری t-test استفاده شده است که نتایج آن در جدول ۳ آمده است.

در شکل ۱۲ نمودار بیشینه تغییرات قطر مردمک چشم دو گروه به تصویر کشیده شده است. برای محاسبه معیار بیشینه تغییرات قطر مردمک، مطابق با ادبیات پژوهش [۲۶]، در هر بلوک و برای هر شرکت‌کننده، میانگین اندازه مردمک چشم در حالت استراحت از میانگین ۵ مقدار بیشینه اندازه قطر مردمک در طول آن بلوک کسر شد و مقدار به‌دست آمده بر میانگین اندازه مردمک چشم در حالت استراحت تقسیم شد. مطابق با الگوی پژوهش‌های مشابه [۲۶] دلیل استفاده از میانگین پنج بیشینه به جای اولین بیشینه، جلوگیری از اثر داده پرت است. هدف از محاسبه این معیار بررسی میزان افزایش یا کاهش قطر مردمک و راستی‌آزمایی فرض H_1 است. با توجه به جدول ۳ این معیار دارای تفاوت معنادار بین دو گروه است و همان‌طورکه در شکل ۱۲ در طول بلوک‌های چندرسانه‌ای مشهود است، گروه چندرسانه‌ای بدون اصول دارای افزایش قطر مردمک بیشتری نسبت به گروه دیگر است که این تفاوت از نمودار جعبه‌ای دو گروه که در شکل ۱۳ آمده است نیز قبل استخراج است (تأیید فرض H_1). این نتایج حاکی از آن است که در طول فرآیند یادگیری چندرسانه‌ای با افزایش بار شناختی، قطر مردمک چشم افزایش خواهند یافت.

مطابق جدول ۳، در رابطه با دو معیار تثبیت چشم، یعنی مدت‌زمان تثبیت و تعداد تثبیت ازلحاظ آزمون آماری نتایج معناداری به‌دست نیامد. نمودار این دو معیار در طول چندرسانه‌ای در شکل ۱۴ و شکل ۱۶ قابل‌مشاهده است؛ بنابراین نمی‌توان H_2 و H_3 را تأیید کرد. در مورد

مدت‌زمان تثبیت بر مبنای شکل ۱۴ اظهارنظر خاصی نمی‌توان کرد؛ چراکه هم تفاوت بین دو گروه چندان معنادار نیست و هم این‌که مقادیر در هر بلوک بسیار به هم نزدیک هستند. با توجه به نمودار جعبه‌ای در شکل ۱۵، به‌طور متوسط گروه بدون اصل دارای مدت‌زمان تثبیت بیشتری نسبت به گروه با اصول هستند که این نکته در فرض H_2 لحاظ شده است. در مورد تعداد تثبیت چشمی تفاوت بین دو گروه با اینکه معنادار نیست.

همچنین با توجه به شکل ۱۶، با افزایش بار شناختی، تعداد تثبیت‌های چشمی کاهش پیدا می‌کند که همان‌طورکه آشکار است در اکثر بلوک‌ها تعداد تثبیت‌ها برای گروه بدون اصول، کمتر از گروه دیگر است. این نکته در حالت میانگین در طول چندرسانه‌ای، از شکل ۱۷ نیز قابل‌استخراج است.

در مورد دو معیار طول ساکاد و سرعت ساکاد نیز برای هر دو معیار اختلاف بین دو گروه معنادار است (جدول ۳). همچنین در تمامی بلوک‌ها به‌جز بلوک ۱۰، گروه چندرسانه‌ای بدون اصول دارای مقدار بیشتری در هریک از این پارامترها می‌باشد (شکل ۱۸ و شکل ۲۰)، که مؤید فرض‌های H_4 و H_5 است. در شکل ۱۹ و شکل ۲۱ تفاوت دو گروه در حالت میانگین در طول کل چندرسانه‌ای نیز مشهود است.

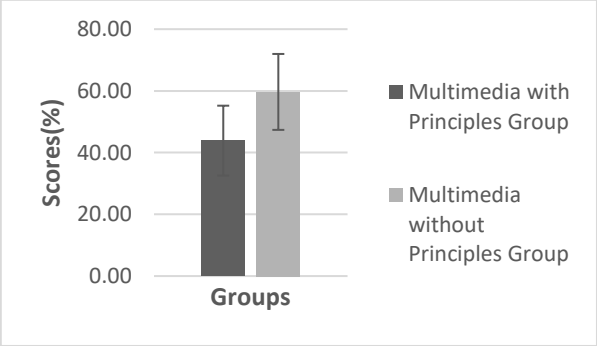
در شکل ۲۲ و شکل ۲۴ و نیز به‌ترتیب نمودار پارامترهای نرخ پلک‌زدن و تأخیر پلک‌زدن آمده است. در رابطه با نرخ پلک زدن تفاوت بین دو گروه معنادار است؛ اما نتیجه عکس H_6 است.

در شکل ۲۲ مشاهده می‌شود که در تمامی بلوک‌ها نرخ پلک‌زدن برای گروه چندرسانه‌ای بدون اصول بیشتر از گروه با اصول است و این نتیجه در حالت میانگین در طول کل چندرسانه‌ای به توجه به شکل ۲۳ نیز قابل تعمیم است. نتیجه به‌دست آمده قابل‌توجه است و احتمالاً حاکی از آن است که هر پارامتر بسته به نوع فعالیت، رفتار متفاوتی دارد؛ برای مثال ارتباط بین بار شناختی و نرخ پلک‌زدن ممکن است در یک فعالیت درک مطلب یا حل مسأله ریاضی با یک فعالیت یادگیری چندرسانه‌ای متفاوت باشد.

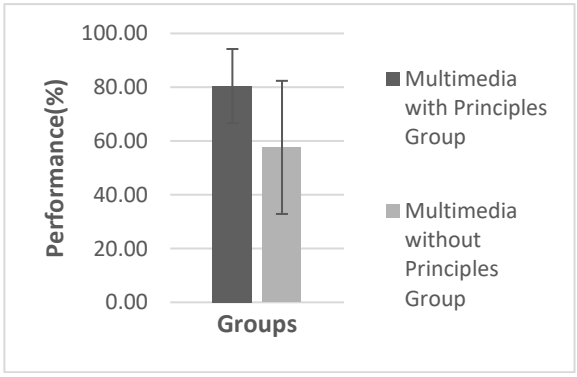
همان‌طور که اشاره شد؛ تأخیر پلک‌زدن دارای تفاوت معنادار بین دو گروه است و همچنین با توجه به شکل ۲۴ در تمامی بلوک‌ها، این معیار برای گروه بدون اصول دارای مقدار بیشتری است که فرض H_7 را تأیید می‌کند. با توجه به شکل ۲۵ در حالت میانگین و در کل چندرسانه‌ای نیز تأخیر پلک‌زدن این پارامتر برای گروه بدون اصول نسبت به گروه با اصول دارای مقادیر بیشتری هست.

همان‌طورکه در شکل ۲۶ مشهود است؛ در اکثر بلوک‌ها، بزرگی میکروساکاد برای گروه بدون اصول از گروه با اصول، بیشتر است. همچنین بر پایه آزمون آماری اعمال‌شده بر این پارامتر مطابق جدول ۲، اختلاف دو گروه معنادار و قابل‌توجه است که فرض H_8 را تأیید می‌کند. تفاوت قابل‌توجه بین دو گروه در شکل ۲۷ نیز مشهود است؛ اما در رابطه با نرخ میکروساکاد مطابق نتیجه آزمون آماری (جدول ۲)، تفاوت معنادار بین دو گروه وجود ندارد و نمی‌توان فرض H_9 را تأیید کرد. در رابطه با شکل ۲۸ نیز نمی‌توان به‌صورت شهودی درباره این فرض اظهارنظر کرد؛ اما با توجه به شکل ۲۹، گروه بدون اصول که بار شناختی بیشتری را متحمل شده‌اند؛ نسبت به گروه با اصول، به لحاظ نرخ میکروساکاد در سطح پایین‌تری قرار دارند که در فرض H_9 نیز این نکته لحاظ شده است.

برای مقایسه و اولویت‌بندی معیارهایی که دارای تفاوت معنادار بین دو گروه بودند؛ اندازه اثر کوهن برای هریک از آن‌ها محاسبه شد (جدول ۴). طول ساکاد، دارای بزرگ‌ترین اندازه اثر است و پس از آن، به ترتیب نرخ پلک‌زدن، قطر مردمک، بزرگی میکروساکاد، تأخیر پلک‌زدن و سرعت ساکاد در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند.



شکل ۹: نمرات شاخص بار کاری ناسا برای دو گروه
Fig. 9: Mean and standard deviation of NASA-TLX scores for both groups



شکل ۱۰: نمرات آزمون عملکرد برای دو گروه
Fig. 10: Mean and standard deviation of performance test scores for both groups

جدول ۱: میانگین و واریانس نمرات شاخص بار کاری ناسا
Table 1: Mean and variance of NASA-TLX scores

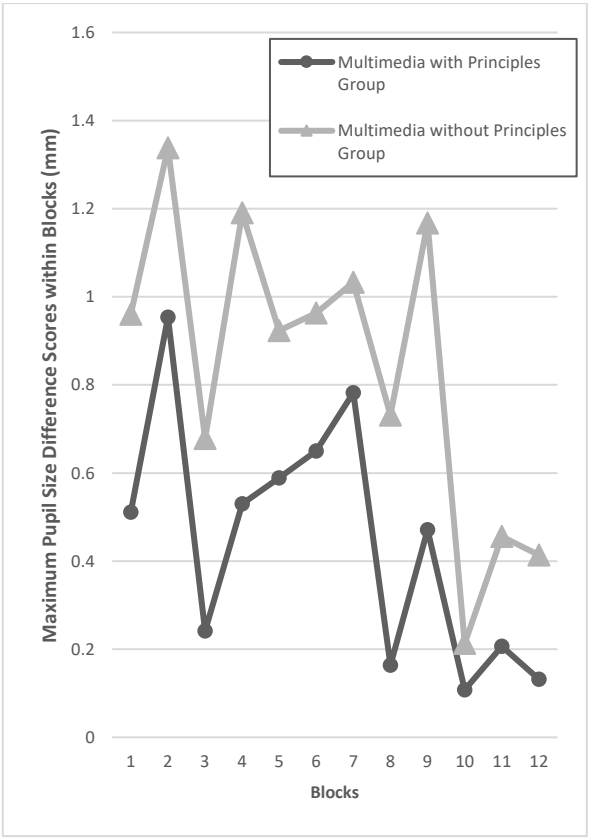
Multimedia with Principles		Multimedia without Principles	
M	SD	M	SD
43.89	±11.13	59.67	±12.30

جدول ۲: میانگین و واریانس نمرات آزمون عملکرد
Table 2: Mean and variance of performance test scores

Multimedia with Principles		Multimedia without Principles	
M	SD	M	SD
80.39	±13.81	57.61	±24.75

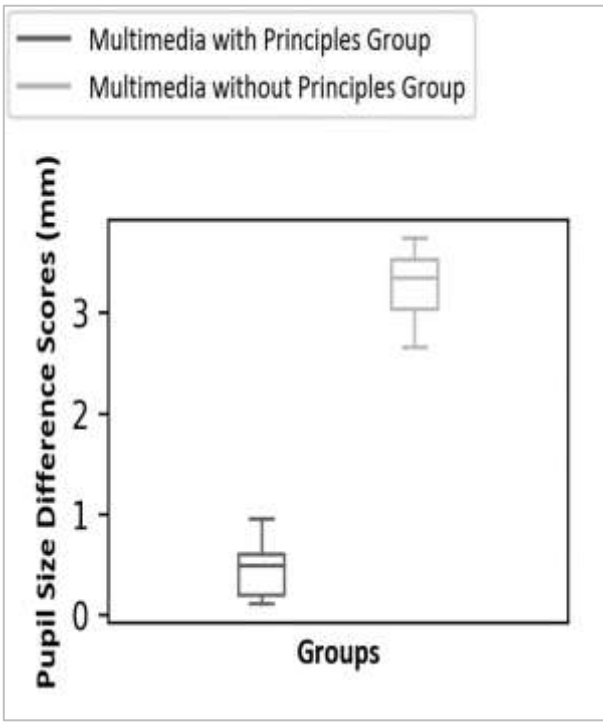
شکل ۱۱: تصویری از نرم‌افزار آزمون عملکرد

Fig 11. An image of performance test software



شکل ۱۲: نمودار بیشینه تغییرات قطر مردمک چشم در طول بلوک‌های چندرسانه‌ای برای دو گروه

Fig. 12: Maximum pupil size differences within blocks of the multimedia for the two groups



شکل ۱۳: نمودار بیشینه تغییرات قطر مردمک چشم در طول چندرسانه‌ای برای دو گروه

Fig. 13: Maximum pupil size differences within the multimedia for the two groups

جدول ۳: نتایج آزمون آماری تی مستقل (t-test) بین دو گروه برای هر یک از معیارهای محاسبه‌شده

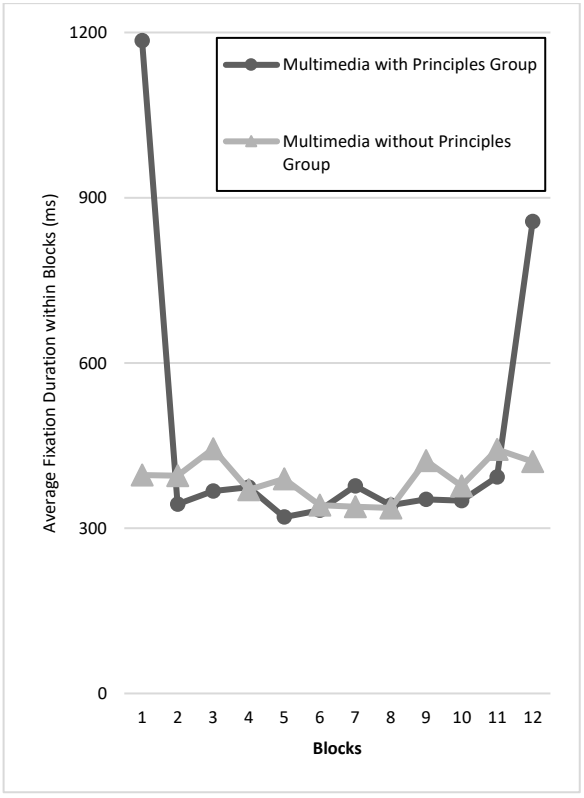
Table 3: The results of the independent samples t-test between the two groups for each of the calculated criteria

Criterion	t -value	p-value
Maximum Pupil Size Difference Scores	-3.240	0.004
Fixation Duration	0.263	0.795
Fixation Rate	1.789	0.087
Saccade Length	-9.326	4.23E-09
Saccade Velocity	-5.929	5.75E-06
Microsaccade Amplitude	-14.574	8.75E-13
Microsaccade Rate	-0.32	0.75
Blink Rate	-13.685	3.07E-12
Blink Latency	-3.103	0.005

جدول ۴: اندازه اثر معیارهایی که دارای تفاوت معنادار بین دو گروه بودند

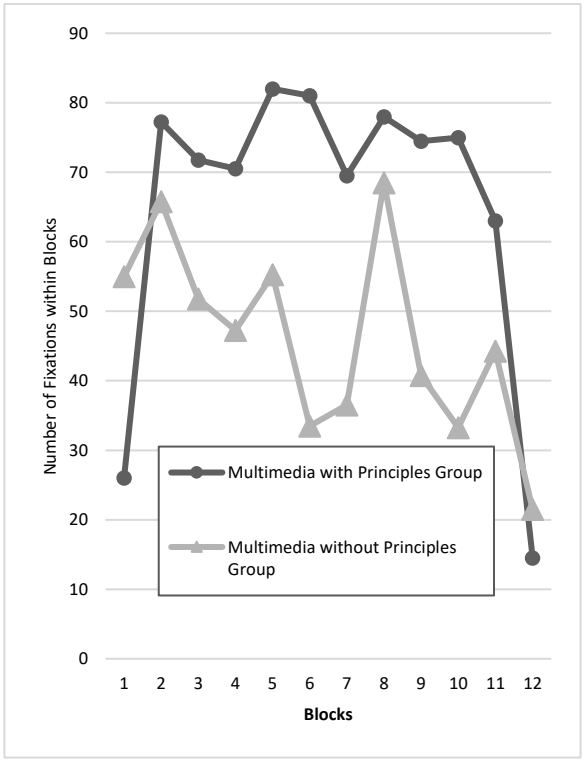
Table 4: Effect size of the criteria that were significantly different between the two groups

Criterion	Cohen's d (absolute value)
Saccade Length	6.33
Blink Rate	3.67
Maximum Pupil Size Difference Scores	3.05
Microsaccade Amplitude	2.35
Blink Latency	2.27
Saccade Velocity	0.94



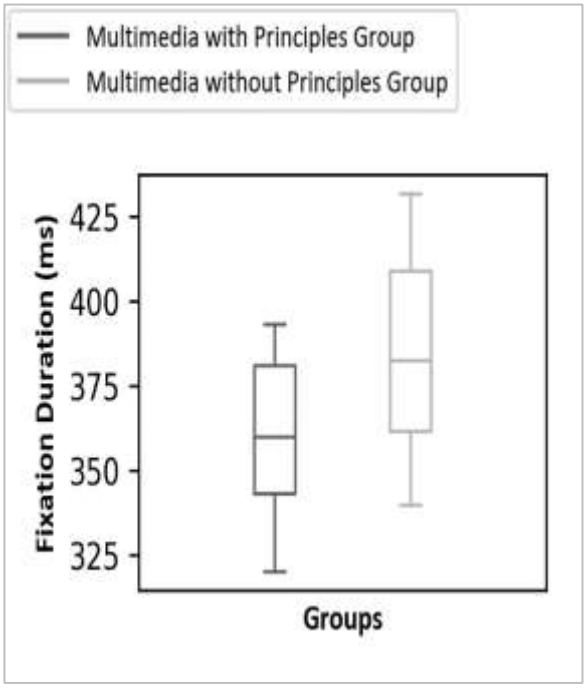
شکل ۱۴: نمودار میانگین مدت‌زمان تثبیت چشم در طول بلوک‌های چندرسانه‌ای برای دو گروه

Fig. 14: Average fixation duration within blocks of the multimedia for the two groups



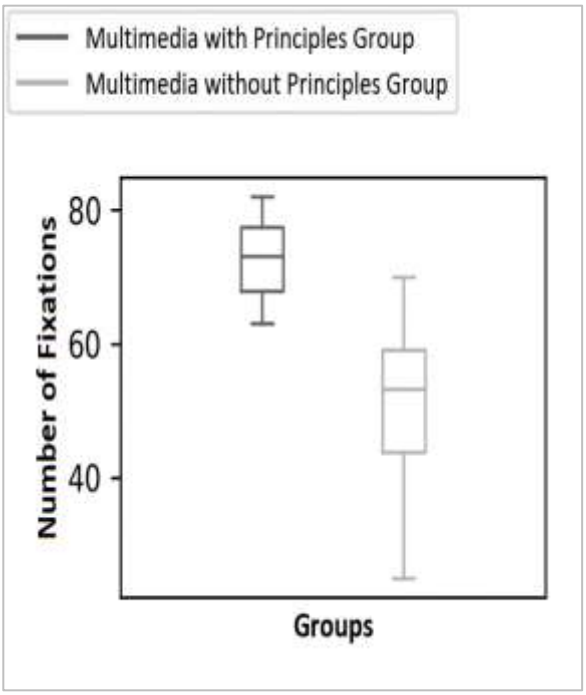
شکل ۱۶: نمودار نرخ تثبیت چشم در طول بلوک‌های چندرسانه‌ای برای دو گروه

Fig. 16: Fixation rate within blocks of the multimedia for the two groups



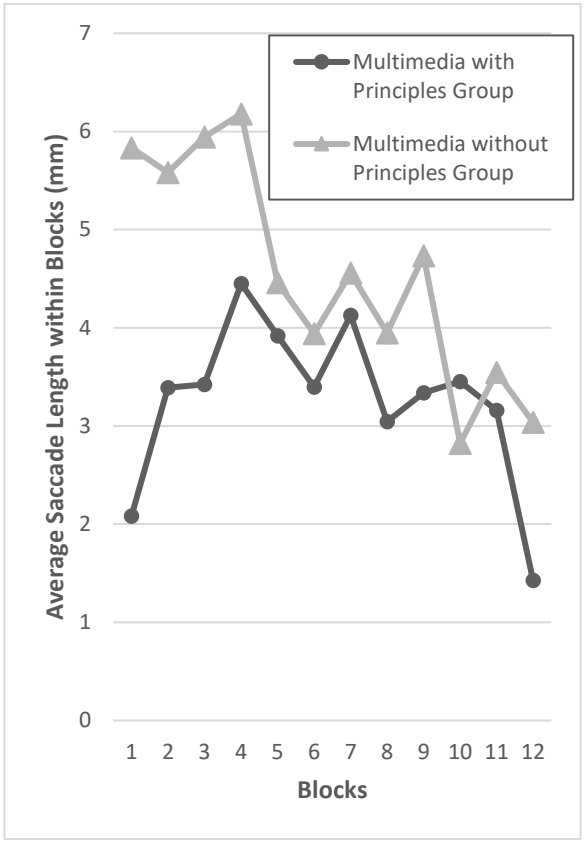
شکل ۱۵: نمودار مدت‌زمان تثبیت چشم در طول چندرسانه‌ای برای دو گروه

Fig. 15: Fixation duration within the multimedia for the two groups

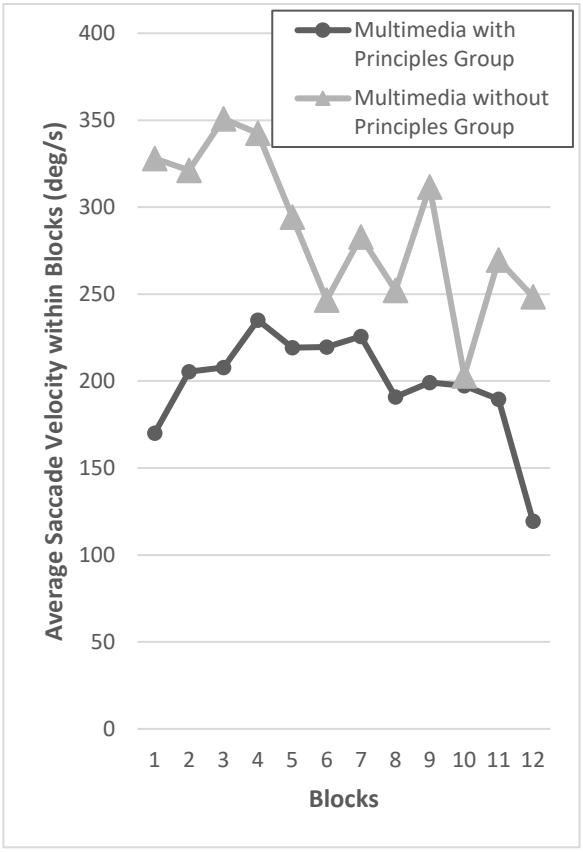


شکل ۱۷: نمودار نرخ تثبیت چشم در طول چندرسانه‌ای برای دو گروه

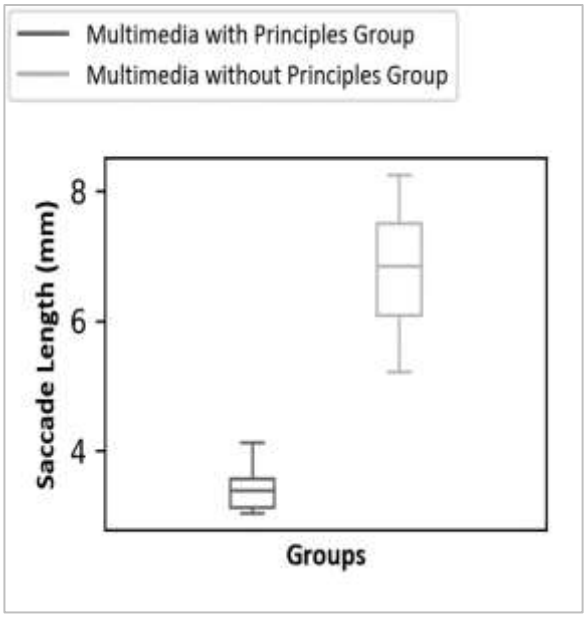
Fig. 17: Fixation rate within the multimedia for the two groups



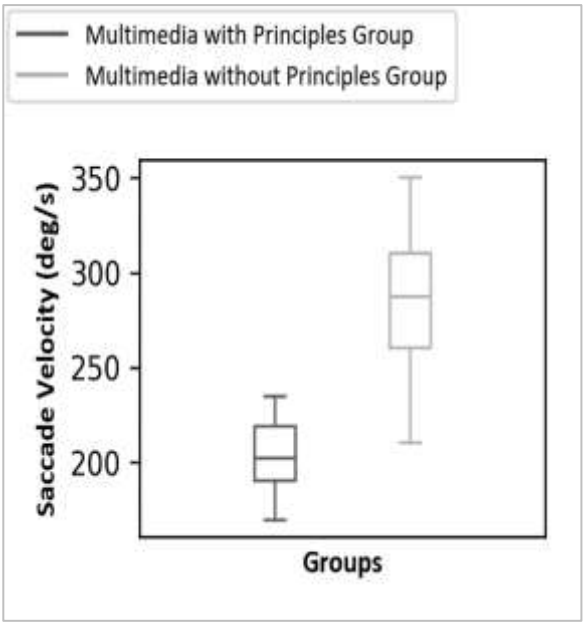
شکل ۱۸: نمودار میانگین طول ساکاد در طول بلوک‌های چندرسانه‌ای برای دو گروه
Fig. 18: Average saccade length within blocks of the multimedia for the two groups



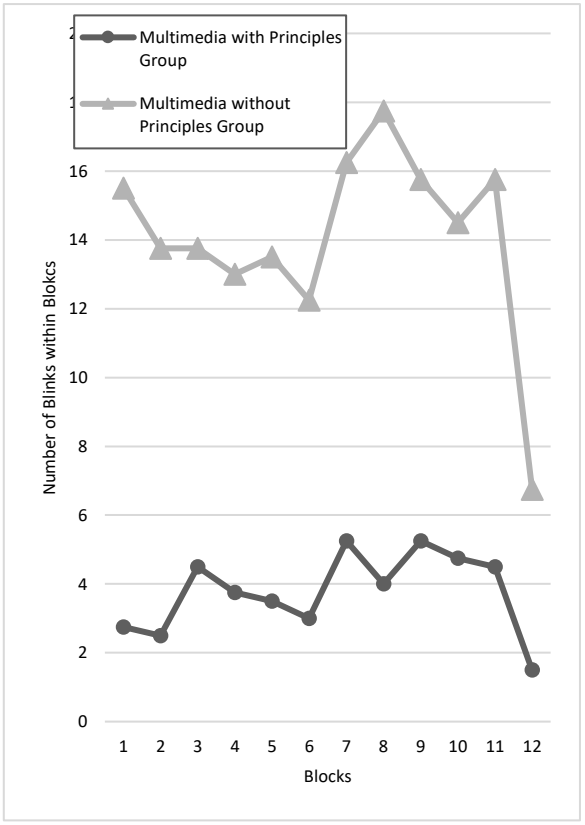
شکل ۲۰: نمودار میانگین سرعت ساکاد در طول بلوک‌های چندرسانه‌ای برای دو گروه
Fig. 20: Average saccade velocity within blocks of the multimedia for the two groups



شکل ۱۹: نمودار طول ساکاد در طول چندرسانه‌ای برای دو گروه
Fig. 19: Saccade length within the multimedia for the two groups

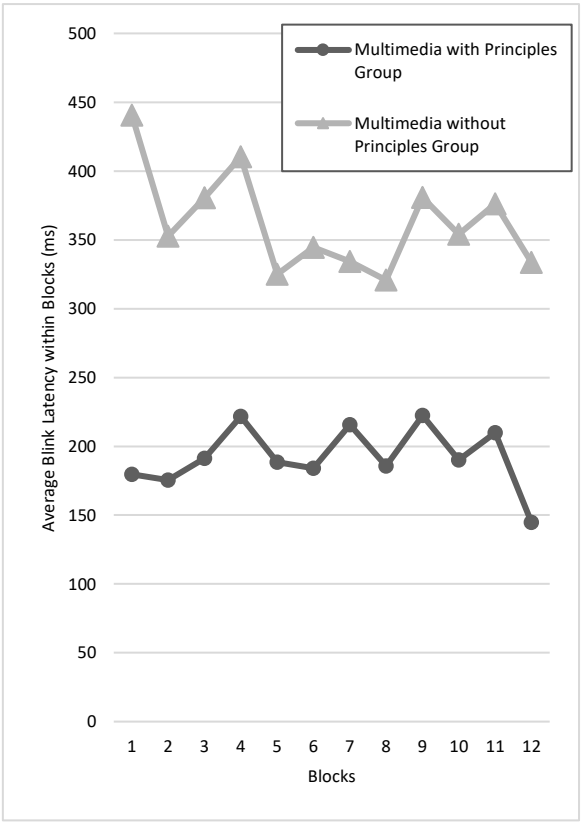


شکل ۲۱: نمودار سرعت ساکاد در طول چندرسانه‌ای برای دو گروه
Fig. 21: Saccade velocity within the multimedia for the two groups



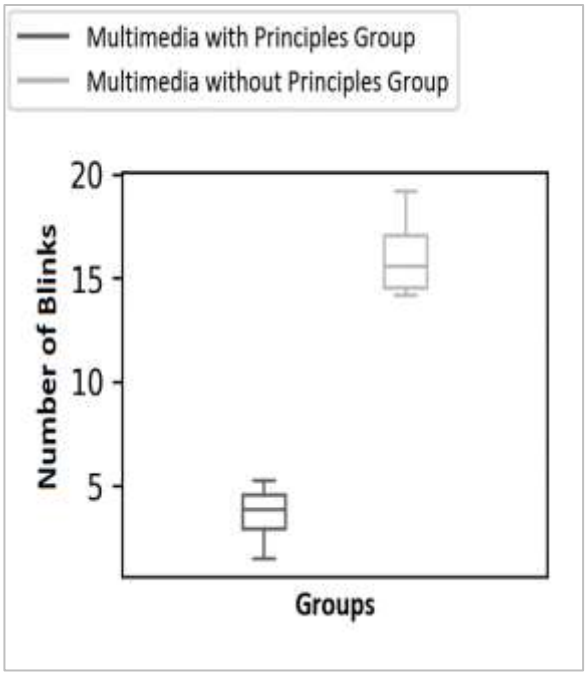
شکل ۲۲: نمودار میانگین نرخ پلک زدن در طول بلوک‌های چندرسانه‌ای برای دو گروه

Fig. 22: Average blink rate within blocks of the multimedia for the two groups



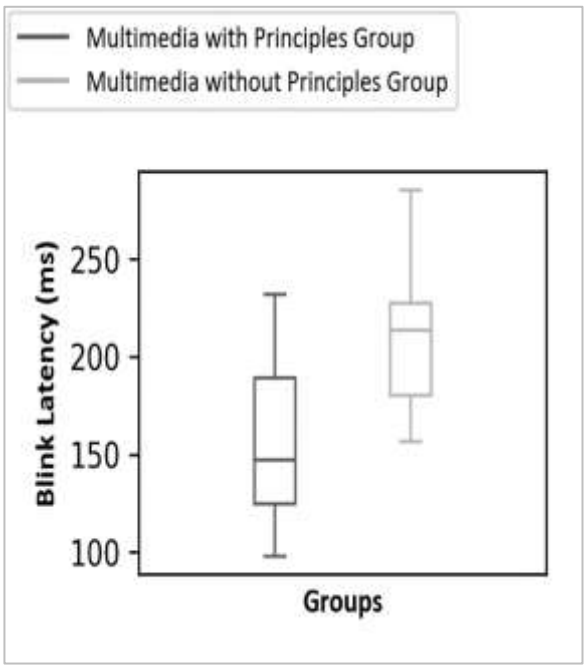
شکل ۲۴: نمودار میانگین تأخیر پلک‌زدن در طول بلوک‌های چندرسانه‌ای برای دو گروه

Fig. 24: Average blink latency within blocks of the multimedia for the two groups



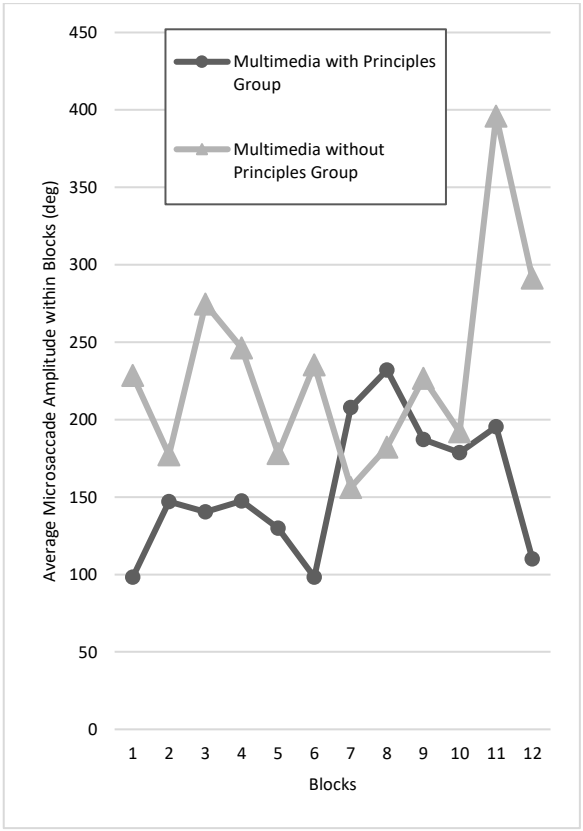
شکل ۲۳: نمودار نرخ پلک زدن در طول چندرسانه‌ای برای دو گروه

Fig. 23: Blink rate within the multimedia for the two groups



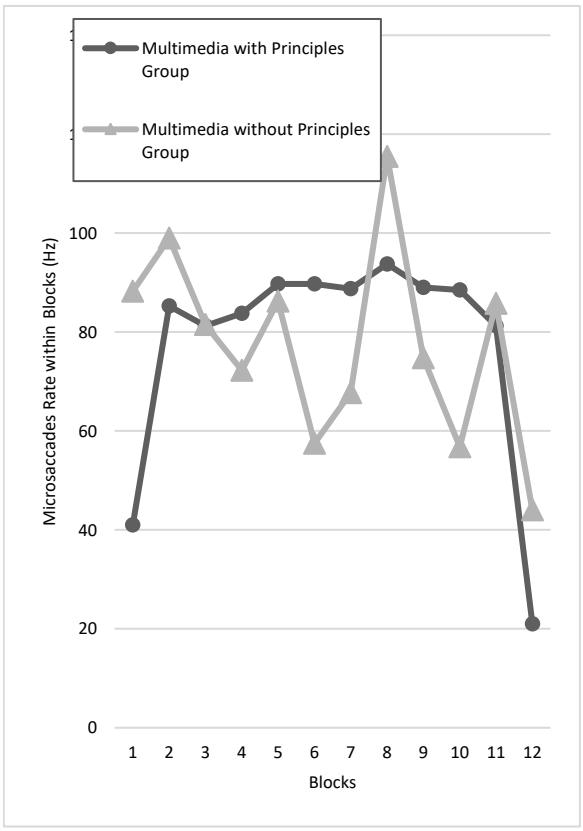
شکل ۲۵: نمودار تأخیر پلک زدن در طول چندرسانه‌ای برای دو گروه

Fig. 25: Blink latency within the multimedia for the two groups



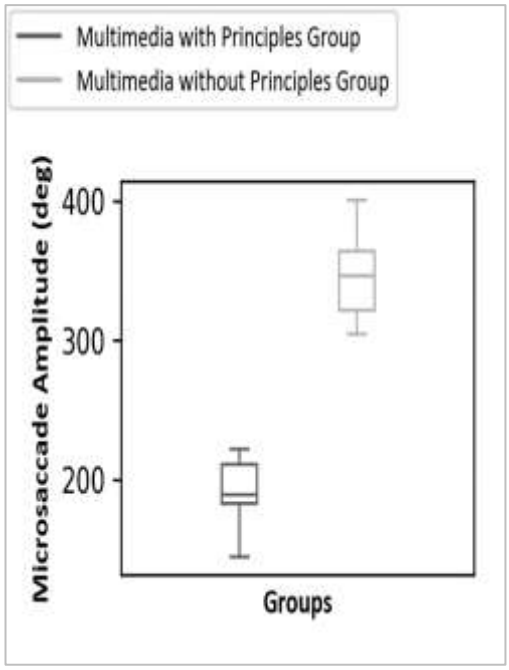
شکل ۲۶: نمودار میانگین بزرگی میکروساکاد در طول بلوک‌های چندرسانه‌ای برای دو گروه

Fig. 26: Average microsaccade amplitude within blocks of the multimedia for the two groups



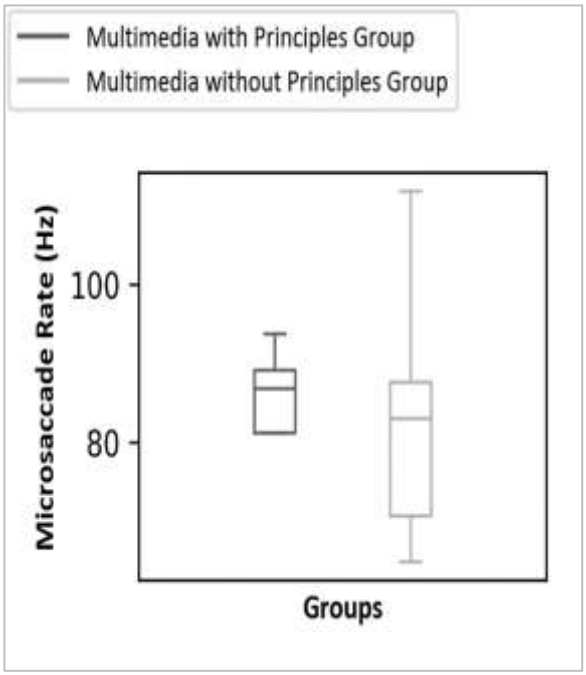
شکل ۲۸: نمودار نرخ میکروساکاد در طول بلوک‌های چندرسانه‌ای برای دو گروه

Fig. 28: Microsaccade rate within blocks of the multimedia for the two groups



شکل ۲۷: نمودار بزرگی میکروساکاد در طول چندرسانه‌ای برای دو گروه

Fig. 27: Microsaccade amplitude within the multimedia for the two groups



شکل ۲۹: نمودار نرخ میکروساکاد در طول چندرسانه‌ای برای دو گروه

Fig. 29: Microsaccade rate within the multimedia for the two groups

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تأثیر بار شناختی بر ۹ معیار حرکت چشم مورد بررسی قرار گرفت و از شاخص بار کاری ناسا نیز برای اعتبارسنجی بار شناختی اعمال شده، استفاده شده است. براساس یافته‌های این پژوهش معیارهای قطر مردمک چشم، طول ساکاد، سرعت ساکاد، تأخیر پلک‌زدن و بزرگی میکروساکاد دارای ارتباط معنادار با بار شناختی اعمال‌شده توسط چندرسانه‌ای آموزش زبان هستند که با فرض‌های پژوهش مطابقت دارند. بر پایه نتایج این پژوهش، داده حرکت چشم می‌تواند به عنوان معیار مناسبی، در کنار روش‌های خودانگارانه، برای ارزیابی بار شناختی یادگیری چندرسانه‌ای و کیفیت‌سنجی محتوای آموزشی در قالب چندرسانه‌ای، مورد استفاده قرار گیرد.

افزایش نرخ پلک‌زدن با افزایش بار شناختی است و تفاوت بین دو گروه مطالعه شده نیز معنادار بوده است. این نتیجه در واقع عکس فرض مطرح شده در مورد ارتباط میزان بار شناختی و نرخ پلک‌زدن در این پژوهش است. در رابطه با سایر معیارهای حرکت چشم که در این پژوهش مطرح شدند، یعنی مدت زمان تثبیت، نرخ تثبیت و نرخ میکروساکاد نیاز به پژوهش بیشتر و طراحی آزمایش‌های مختلف است تا بتوان اظهارنظر قطعی در مورد ارتباط معنادار این پارامترها با بار شناختی اعمال‌شده توسط چندرسانه‌ای آموزش زبان مطرح کرد. بررسی ضرایب اصول طراحی چندرسانه‌ای به کمک معیارهای داده حرکت چشم و مقایسه آن‌ها با نتایج حاصل از روش‌های خودانگارانه و همچنین ارزیابی بار شناختی به کمک سایر داده‌های فیزیولوژیک مانند سیگنال مغزی و مقایسه کارآیی آن‌ها در مقابل معیارهای حرکت چشم جزو مواردی است که در آینده نیاز به واکاوی دارد.

مشارکت نویسندگان

مقاله حاضر، نتیجه یک کار تحقیقاتی مشترک بین محققان حوزه هوش مصنوعی و آموزش زبان انگلیسی است. در این کار تحقیقاتی، تعریف اصول طراحی چندرسانه‌ای و انتخاب یک زیرمجموعه از اصول برای تحلیل بار شناختی به همراه فراهم کردن متن و صوت برای تولید محتوای چندرسانه‌ای و همچنین طراحی سوالات آزمون، بر عهده خانم دکتر رحیمی بوده است. طراحی آزمایش و فراهم سازی ابزارهای آزمایشگاهی لازم برای اخذ داده چشمی و همچنین ابزارهای نرم‌افزاری و روش کار با این نرم‌افزارها برای تحلیل داده‌ها با آقای دکتر ابراهیم‌پور بوده است. همچنین، روش تحلیل سیگنالهای چشمی و اندازه‌گیری بار شناختی بر اساس این سیگنال‌ها، بر عهده آقای دکتر بساق‌زاده و اقای دکتر امیری بوده است. آقای کیهان لطیف‌زاده نیز مسئولیت طراحی چندرسانه‌ای آموزشی و انجام آزمایش‌ها بر روری افراد را برعهده داشته‌اند. همچنین پیاده‌سازی بخش‌های مختلف مقاله بر اساس چارچوب تعریف شده توسط افراد فوق و استخراج نتایج تجربی، بر عهده آقای لطیف‌زاده بوده است.

تشکر و قدردانی

این مقاله در قالب طرح تحقیقاتی با حمایت ستاد توسعه علوم و فناوری‌های شناختی با کد طرح پژوهشی ۶۸۸۰ مصوبه ۱۳۹۷/۱۰/۸ ارائه شده است. نگارندگان بر خود لازم می دانند از حمایت‌های ستاد توسعه علوم و فناوری‌های شناختی در راستای انجام پژوهش ارائه شده، کمال تشکر و قدردانی را به‌عمل آورند.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع و مآخذ

[1] Mayer RE. *Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press; 2001.

[2] Azizinejad B, Allah Karami F. [Comparing the effect of education-based on ICT with traditional education on students' academic eagerness]. *Technology of Education Journal*. 2018; 13(2): 339-348. Persian.

[3] Zarrin F, Montazer G. [Personalizing e-learning environment based on learner's self-efficacy]. *Technology of Education Journal*. 2019; 14(1): 141-154. Persian.

[4] Alizadeh I. [The effect of computer- assisted concept mapping technique on learners' vocabulary retention and autonomy education]. *Technology of Education Journal*. 2013; 8(1): 11-19. Persian.

[5] Meshkat M, Foroozeshnia S. [The investigation of Iranian learners 'CALL attitude and its relationship with academic self-regulation in learning EFL]. *Technology of Education Journal*. 2013; 8(1): 51-58. Persian.

[6] Moradimokhles, Het al. [The impact of computer-based and web-enhanced learning environments on the interaction of instructional elements]. *Technology of Education Journal*. 2017; 11(4): 315-325. Persian.

[7] Brunken R, Plass JL, Leutner D. Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*. 2003; 38(1): 53-61.

[8] De Waard D. *The measurement of drivers' mental workload*. Netherlands: Groningen University, Traffic Research Center 1996.

[9] Iqbal ST, Zheng XS, Bailey BP. Task-evoked pupillary response to mental workload in human-computer interaction. In *CHI'04 extended abstracts on Human factors in computing systems (pp. 1477-1480).* 2004; Viena, Austeria.

[10] Veltman J, Gaillard A. Physiological indices of workload in a simulated flight task. *Biological Psychology*. 1996; 42(3): 323-342.

[11] Duchowski AT, Krejtz K, Krejtz I, Biele C, Niedzielska A, Kiefer P. et al. The Index of Pupillary Activity: Measuring Cognitive Load vis-à-vis Task Difficulty with Pupil Oscillation. *In CHI' 18: Proceedings of the 2018 Conference on Human Factors in Computing Systems.* Montreal QC, Canada: Association for Computing Machinery; 2018. pp. 1-13

[12] Ito A, Corley M, Pickering MJ. A cognitive load delays predictive eye movements similarly during L1 and L2 comprehension. *Bilingualism,Language and Cognition*. 2018; 21(2): 251-264.

[13] De Greef T, Lafeber H, Van Oostendorp H, Lindenberg J. editors. *Eye Movement as Indicators of Mental Workload to Trigger Adaptive Automation*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2009.

[14] Tsai YF. et al. Task performance and eye activity: predicting behavior relating to cognitive workload. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 2007; 78(5): 176-185.

[15] Van Orden KF. et al. Eye activity correlates of workload during a visuospatial memory task. *Human Factors*. 2001; 43(1): 111-121.

[16] Beatty J, Kahneman, D. Pupillary changes in two memory tasks. *Psychonomic Science*. 1996; 5(10): 371-372.

[17] Marshall SP. Identifying cognitive state from eye metrics. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 2007; 78(5): 165-175.

[18] Moresi S. et al. Pupil dilation in response preparation. *International Journal of Psychophysiology*. 2008; 67(2): 124-130.

[19] Chen S. et al. Eye activity as a measure of human mental effort in HCI. *In Proceedings of the 16th international conference on Intelligent user interfaces (pp. 315-318)*; 2011.

[20] Rudmann DS, McConkie GW, Zheng XS Eyetracking in cognitive state detection for HCI. *In Proceedings of the 5th International Conference on Multimodal Interfaces.* Canada: ACM; 2003. pp. 159-163

[21] Barrios VMG. et al. AdELE: A framework for adaptive e-learning through eye tracking. In *Proceedings of I KNOW*; 2004. pp. 609-616.

[22] Porta M, Ricotti S, Perez CJ. *Emotional e-learning through eye tracking.* Paper presented in the 2012 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON); Morocco: IEEE; 2012.

[23] Rafiqi S et al. P*upilWare: towards pervasive cognitive load measurement using commodity devices.* Paper presented in the 8th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments; Greece: ACM; 2015.

[24] Pomplun M and Sunkara S. *Pupil dilation as an indicator of cognitive workload in human-computer interaction*. Paper presented in The International Conference on HCI; 2003.

[25] Klingner J, Kumar R, Hanrahan P. Measuring the task-evoked pupillary response with a remote eye tracker. In *Proceedings of the 2008 Symposium on Eye Tracking Research and Applications*. Savanah, Georgia: ACM; 2008. pp. 69-69

[26] Sibley C, Coyne J, Baldwin C. Pupil dilation as an index of learning. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. Los Angeles, CA: SAGE Publications CA;2011.

[27] Rolfs M. Microsaccades: small steps on a long way. *Vision Research*. 2009; 49(20): 2415-2441.

[28] Siegenthaler E et al. Task difficulty in mental arithmetic affects microsaccadic rates and magnitudes. *European Journal of Neuroscience*. 2014; 39(2): 287-294.

[29] Gao X, Yan H, Sun H J. Modulation of microsaccade rate by task difficulty revealed through between-and within-trial comparisons. *Journal of Vision*. 2015; 15(3): Article 3.

[30] Dalmaso M. et al. Working memory load modulates microsaccadic rate. *Journal of Vision*. 2017; 17(3): 66-66.

[31] Valsecchi M, Betta E, Turatto M. Visual oddballs induce prolonged microsaccadic inhibition. *Experimental Brain Research.* 2007; 177(2): 196-208.

[32] Duncan J, Parker A. *Open Forum 3: Academic Listening and Speaking*. Oxford: Oxford University Press; 2007.

[33] Carswell CM, Lio CH, Grant R, Klein MI, Clarke D, Seales WB, Strup S. Hands-free administration of subjective workload scales: acceptability in a surgical training environment. *Applied Ergonomics*. 2010; 42(1):138-145.

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

کیهان لطیف‌زاده در سال ۱۳۹۵ درجه کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر و در گرایش نرم‌افزار از دانشگاه گیلان اخذ کرد. از مهر سال ۱۳۹۶ مشغول به تحصیل در دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی کامپیوتر، گرایش هوش مصنوعی و رباتیکز در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی هست. حوزه تحقیقاتی وی در دوره کارشناسی ارشد، آموزش و پرورش شناختی است.

Latifzadeh, K. MSc Student, Artificial Intelligence, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

k.latifzadeh@sru.ac.ir

سید حمید امیری مدرک کارشناسی ارشد و دکتری خود را از دانشگاه صنعتی شریف به ترتیب در رشته مهندسی کامپیوتر و هوش مصنوعی اخذ کرد. زمینه‌های کاری ایشان بینایی ماشین و پردازش تصویر، پردازش ویدئو، الگوشناسی آماری و یادگیری ماشین و یادگیری مبتنی بر گراف است. تالیفات و مقالات پژوهشی ایشان در حوزه بینایی ماشین و پردازش ویدئو است که در مجلات معتبر دنیا به چاپ رسیده است.

Amiri, S. Assistant Professor, Artificial Intelligence, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

s.hamidamiri@sru.ac.ir

Rahimi, M. Associate Professor, Computational and Applied Linguistics, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran
rahimi@sru.ac.ir

رضا ابراهیم‌پور مدرک کارشناسی ارشد (مهندسی پزشکی) و دکتری (علوم اعصاب شناختی) خود را به ترتیب از دانشگاه تربیت مدرس و پژوهشگاه دانش‌های بنیادی اخذ کرد. زمینه‌های کاری ایشان علوم اعصاب شناختی، بینایی محاسباتی شناختی، علوم اعصاب محاسباتی، مکانیزم‌های نرونی اخذ تصمیم و بازشناسی اشیا است. ایشان دارای مقالات بسیاری در زمینه تصمیم‌گیری، بازنمایی اشیا و علوم اعصاب کاربردی در مجلات معتبر حوزه علوم شناختی هستند. کتاب *بازشناسی اشیاء: علوم اعصاب بینایی، مدل‌های محاسباتی - شناختی، یادگیری عمیق* از دیگر آثار تألیفی ایشان است.

Ebrahimpour, R. Professor, Cognitive Neuroscience, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran
rebrahimpour@sru.ac.ir

علیرضا بساق‌زاده مدرک کارشناسی ارشد (مهندسی برق) و دکتری (هوش مصنوعی) خود را به ترتیب از دانشگاه شاهد و دانشگاه ایالتی باسک اسپانیا اخذ کرد. زمینه‌های کاری ایشان شناسایی الگو، پردازش تصویر، بینایی ماشین، یادگیری ماشین و بیومتریک است. ایشان دارای تالیفاتی در مجله‌های معتبر دنیا در زمینه بینایی ماشین هستند.

Bossaghzadeh, A. Assistant Professor, Artificial Intelligence, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran
a.bosaghzadeh@sru.ac.ir

مهرک رحیمی مدرک کارشناسی ارشد (آموزش زبان انگلیسی) و دکتری (زبان‌شناسی کاربردی و رایانشی) خود را به ترتیب از دانشگاه خوارزمی و آکادمی علوم روسیه اخذ کرد. زمینه‌های کاری ایشان آموزش زبان با کمک رایانه و توسعه و طراحی برنامه درسی است. ایشان دارای تالیفات متعددی در زمینه نقش رایانه و تلفن همراه در یادگیری زبان انگلیسی به عنوان زبان خارجه هستند.

Citation (Vancoure): Latifzadeh K, Amiri S. H, Bossaghzadeh A, Rahimi M, Ebrahimpour R .[Evaluating cognitive load of multimedia learning by eye-tracking data analysis]. *Tech. Edu. J.* 2021; 15(1): 33-50
http://dx.doi.org/10.22061/tej.2020.6237.2368

COPYRIGHTS
©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.