

## پویا نمایی آموزشی

زهرا جامه‌بزرگ<sup>\*</sup>، محمدرضا نیلی<sup>۱</sup>، محمد سلیمی<sup>۲</sup>  
دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

### Educational Animation

Zahra Jame Bozorg<sup>\*</sup>, Mohammad Reza Nili<sup>1</sup>, Mohammad Salimi<sup>2</sup>

Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

#### Abstract

Computer-based education and information and communication technology (ICT) have widened new horizons for educationalists to think of methods and approaches in that can radically transform the learning process. Multimedia environments which information is converted into moving images, sounds, photographs, graphics, and texts have changed the learning process qualitatively and fundamentally.

Animation is one of the most interesting visual phenomena which can provide learners with scientific facts in a descriptive way and/or in the form of imaginative stories. Teaching complex and abstract concepts can be facilitated by creating scenarios and selecting influential characters in an educational animation. Currently, there is a variety of software producing two- and three-dimensional animations as well as web-based instructions. Affecting visual and auditory senses of the learners, animation can enhance learning and is consequently desirable for learners.

Researchers, inspired by learning theories, can develop theoretical foundations and appropriate strategies for increasing the capabilities and abilities of animations in the teaching and learning process. In order to provide and produce effective and helpful educational animations, it is necessary to investigate the stages of designing, implementing, and evaluating educational animations. In this essay, the concept of educational animation and its specific features, related studies and teaching and learning theories are investigated.

#### Keywords

Computer-based Education, Technology, Animation, Education

#### چکیده

آموزش مبتنی بر رایانه و فناوری اطلاعات و ارتباطات افق‌های جدیدی پیش روی صاحب‌نظران و متخصصان آموزش قرار داده تا با توجه به قابلیت‌ها و توانایی‌های آن به روش‌ها و راهکاری در آموزش بیندیشند که فرآیند یاددهی و یادگیری را دگرگون نماید. محیط‌های چندرسانه‌ای که اطلاعات را به صورت تصاویر متحرک، صدا، عکس، گرافیک و متن در اختیار کاربر قرار می‌دهند، تغییری کیفی و اساسی در فرآیند یادگیری ایجاد نموده‌اند. پویانمایی یکی از جالب‌ترین پدیده‌های تصویری شناخته شده است که می‌تواند واقعیت‌های علمی را به صورت توصیفی و در قالب داستان‌های تخیلی به یادگیرنده آموزش دهد. تهیه سناریو و انتخاب کاراکترهای تأثیرگذار در یک پویانمایی آموزشی می‌تواند آموزش مفاهیم پیچیده و انتزاعی را سهل و آسان کند. امروزه نرم‌افزارهایی جهت تهیه پویانمایی‌های دو بعدی، سه بعدی و مبتنی بر وب عرضه شده‌اند که عملیات پیچیده تهیه پویا نمایی را آسان و سهل نموده است. پویانمایی، حس بینایی و شنوایی را جهت یادگیری بهتر و سریع‌تر مفاهیم، تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین دیدگاهی مثبت جهت یادگیری مفاهیم در فرد ایجاد می‌کند. محققان با الهام از نظریه‌های یادگیری می‌توانند مبانی نظری و راهبردی مناسبی برای افزایش قابلیت‌ها و توانایی‌های پویانمایی‌ها در فرآیند یاددهی و یادگیری ارائه دهند. در این مقاله مفهوم پویانمایی و انواع آن، پویانمایی آموزشی و ویژگی‌های آن، نظریه‌های یاددهی و یادگیری و پژوهش‌های انجام شده در این زمینه تبیین می‌گردد.

## واژگان کلیدی

آموزش مبتنی بر رایانه، فناوری، پویانمایی، آموزش

### مقدمه

در نظام‌های سنتی، «آموزش»، به معنی فرآیند انباشتن اطلاعات در مغز، تنها مبنای رشد استعدادها تلقی می‌شد و تنها از معلمانی بهره می‌گرفت که کتاب را به‌عنوان اصلی‌ترین منبع اطلاعاتی تلقی می‌کردند. امروزه با جایگزین شدن واژه «یاددهی و یادگیری»، به معنی فرآیند ایجاد یادگیری معنادار و عمیق، بر نگرش و رفتار انسان که بر چارچوبی مبتنی بر هم‌گرایی چیستی، کجایی، کیستی و چه زمانی یادگیری استوار است، روش‌ها، ابزارها و محیط‌های جدید ارتباطی با آن همراه شده است [۱]. پیشرفت‌های اخیر در صنعت رایانه‌ای و اطلاع‌رسانی (ICT= Information and Communication Technology)، ورود و ظهور امکانات چندرسانه‌ای (Multi media) و به‌کارگیری فناوری‌های ارتباطی (Communication Technology)، ابزارها و روش‌های جدیدی را پیش روی طراحان، برنامه‌ریزان، مدیران و مجریان برنامه‌های آموزشی قرار داده است [۲]. این تحولات با ایجاد تغییر نقش یادگیرندگان، تغییر نقش معلمان، مشارکت بیشتر دانش‌آموزان با هم‌سالان خود، افزایش استفاده از منابع خارج از متون درسی، رشد و بهبود مهارت‌های طراحی و ارائه مطالب، تأثیرات قابل‌توجهی بر فرآیند یاددهی و یادگیری داشته است. آنچه برنامه‌های آموزشی فناوری‌محور را از سایر برنامه‌ها و رسانه‌ها متمایز می‌سازد، قابلیت‌های آن در ایجاد نمایش‌های محرک و نشانه‌هایی است که یادگیری را تسهیل می‌بخشد. امکان استفاده از چاپ، گرافیک، تایپ و دسترسی به منابع اطلاعاتی، محبوبیت این برنامه را در امر یادگیری افزایش داده است. امروزه تهیه و تولید برنامه‌های آموزشی تعاملی مبتنی بر رایانه (Computer based Education) با امکانات دریافت پاسخ از یادگیرنده و تهیه بازخورد تطبیقی و توصیفی از آن، جذابیت این برنامه‌ها را صدچندان نموده است. در این فضا، درک و دریافت مفاهیم و ایده‌های علمی پیچیده به صورت سهل‌تر و عمیق‌تر، با استفاده از ترکیب صوت، تصویر، پویانمایی، گرافیک و ... فراهم شده است [۳]. پویانمایی به‌عنوان یک چندرسانه‌ای پویا و جذاب، با درگیر کردن بیش از یک حس، تأثیر بیشتری بر یادگیری خواهد داشت.

پژوهش‌ها نشان می‌دهد محیط‌های چندرسانه‌ای که اطلاعات را در قالب پویانمایی، صدا، عکس، گرافیک و متن در اختیار کاربر قرار می‌دهند، با افزایش بهره‌وری، تغییری کیفی و اساسی در فرآیند یادگیری ایجاد می‌کنند. رشد انفجاری نرم‌افزارهای آموزشی چندرسانه‌ای در تمام سطوح آموزشی، گواهی بر این مدعا است. طبق مشاهدات و نتایج پژوهش‌های انجام شده در خصوص کاربرد روش‌های نوین در نظام آموزشی کشور ما، آموزش کمتر تحت تأثیر فرآیند تحولات فناوری‌های نوین در مقایسه با سایر جنبه‌های زندگی اجتماعی، قرار گرفته است. هر چند در طی سال‌های اخیر آموزش از این تحولات برکنار نمانده است ولی این تحولات چندان تناسبی با تحولات روز و ظرفیت بسیار بالای آن ندارد [۴]. در این مقاله سعی بر این است تا مفهوم پویانمایی و انواع آن، پویانمایی آموزشی و ویژگی‌های آن، نظریه‌های یاددهی و یادگیری و پژوهش‌های انجام شده در این زمینه تبیین گردد تا گامی در جهت استفاده مطلوب از ظرفیت‌ها و قابلیت‌های آن در فرآیند یاددهی و یادگیری باشد.

### پویانمایی (Animation)

پویانمایی، خیال‌پردازی و خیال‌پروری یا به نوعی رؤیای بیداری است. دیدگاه‌ها و نظریه‌پردازی‌های روان‌شناسانی مانند Freud و Young در مورد ضمیر ناخودآگاه، تکیه‌گاه مناسبی برای خیال‌پردازی شد. پویانمایی و خیال‌پردازی دو مولود قرن بیستم هستند که ارتباط و نزدیکی درخور توجهی به یکدیگر دارند. پویانمایی قادر است که تخیلات نامرئی متون داستان‌های تخیلی را در متن تصویری خود، مرئی نماید. از سال ۱۹۲۹ که Piaget کتاب «درک بچه‌ها از دنیا (The children conception of the world)» را نوشت، جست و جو درباره «درک مفاهیم درکودکان» موضوعی شد که نه تنها سال‌ها مورد توجه او بود، بلکه افراد بسیاری کار او را تقلید کردند و گزارش‌هایی در این زمینه تدوین نمودند، تا جایی که واژه‌ای به نام «جاندارپنداری یا نسبت دادن زندگی به اشیای بی‌جان» وارد مجموعه واژه‌های روان‌شناسی شد [۵].

پویانمایی، یکی از جالب‌ترین پدیده‌های تصویری شناخته شده است. تصویری که پویانمایی می‌آفریند، ناشی از مشاهده سریع

تماشای پویانمایی بیش از هر چیز می‌خواهد ببیند. دیدن چیزی را هم ترجیح می‌دهد که آن را کمتر تجربه کرده و با آن چه در زندگی عادی و روزانه‌اش دیده، تفاوت داشته باشد [۸].

پویانمایی رایانه‌ای را دانشگاه Utah و شرکت رایانه Evan and Suther Land بنا نهادند. این فناوری به رنگ‌آمیزی و سایه‌زنی اشکال گرافیک و حجم‌دار کردن تصاویر و خروجی گرفتن از آنها کمک فراوانی نموده و به ارائه طرح‌های هر چه جذاب‌تر پرداخت [۸]. امروزه نرم‌افزارهای رایانه‌ای پیشرفته‌ای در تولید پویانمایی به کار گرفته می‌شود که دنیای پویانمایی را واقعی‌تر به نمایش می‌گذارند.

### روند تولید و ساخت پویا نمایی

اینک به روند تولید و ساخت یک اثر هنری و گرافیکی یک فیلم پویانمایی می‌پردازیم.

- داستان: نوشته‌ای است که یک فرد به‌عنوان نویسنده آن را می‌نگارد و معمولاً این اثر مبتنی بر عقاید، تفکرات و فرهنگ رفتاری آن جامعه است.
- سناریو یا متن نمایش (Story Board, Scenario): داستانی مصور از داستان یا کتاب نوشته شده توسط نویسندگان است. سناریو در واقع، نوشته‌ای در راستای به تصویر کشیدن بخش‌های مختلف پویانمایی است.
- تولید شخصیت (Character): طراحی و تولید یک شخصیت تأثیرگذار، یکی از حرفه‌ای‌ترین و پیچیده‌ترین فرآیندهای گرافیک به‌شمار می‌آید زیرا مواردی چون مسائل فرهنگی، سیاسی، فلسفی و غیره در تولید شخصیت مؤثرند.
- ساخت فضای داستان: در واقع، یک پویانمایی از دو رکن اصلی شخصیت و فضای داستان تشکیل شده است. فضا سازی نیز یکی از فرآیندهای جذاب در پویانمایی است. توجه به ساختار داستان، خلاقیت، گرافیک بالا و تصویرسازی قوی از ارکان مهم فضا سازی به‌شمار می‌روند. فضاها می‌توانند در برگزیده مفاهیم کلیدی در پویانمایی باشند.
- انتخاب افراد متخصص: وجود متخصص موضوع در کار، معمولاً راه‌گشای بروز خلاقیت و به ثمر رسیدن آن است.
- سرمایه‌گذاری: سرمایه‌گذاری تقریباً مهم‌ترین بخش موفقیت کار است. در ساخت پویانمایی‌های جهانی مبالغ بسیار زیادی سرمایه‌گذاری می‌شود.
- تولید محصول: در واقع محصول نهایی، از فرآیند شش مرحله قبل به‌دست می‌آید.

یک‌سری از تصاویر است که چشم قادر به تشخیص تصاویر جدا از هم نیست. ترکیب بسیاری از تصاویر، همراه با تغییر محتوای قاب‌ها (Frame) را «پویانمایی» گویند. تصاویر، به‌موقع درهم آمیخته و مفهوم حرکت را ایجاد می‌کنند. وقوع این امر در اثر پدیده‌ای به نام «تداوم دید (Persistence vision)» صورت می‌گیرد که طی این پدیده، چشم و مغز حتی پس از عبور تصویر، ادراک تصویر را ادامه می‌دهند [۶]. متخصص پویا (Animator) مفهوم پویانمایی را به دو شکل تعریف می‌کنند. اولین تعریف، به‌صورت کلی و عام، تحت این مضمون که «فیلمی به‌وجود آمده از فریم‌های پشت سرهم (قاب به قاب) که در این فریم‌ها، تصویر، شیء یا چیزی به حرکت درآید»، عنوان شده است. تعریف کامل‌تر آن که از شرکت‌های تولید کارتون (فیلم در قالب نقاشی‌های متحرک)، الهام گرفته شده، به‌معنی «جان بخشیدن (Animate)» است. مفهوم آن، جان‌بخشی، دادن زندگی و روح به یک طرح، نه از طریق کپی و تکرار کپی‌ها بلکه با دخالت در واقعیت، به وسیله هنرمند و انتقال آن به بیننده است. توانایی به‌وجود آوردن یک فیلم پویانمایی، مهارتی کمیاب است. هنرمند طراح می‌تواند با شناخت کامل از حرکت و قوانین مربوط به آن در هنر پویانمایی استفاده کند. هنر پویانمایی بیش از صد سال است که در جهان به تولید آثار سینمایی، تلویزیونی و کوتاه هنری اشتغال دارد. امروزه بر این باوریم که پویانمایی نه تنها در سینما بلکه در بسیاری از حوزه‌های به‌ظاهر غیرمرتبط کاربرد دارد از جمله در شبیه‌سازی، صنعت، تبلیغات سرگرم‌کننده، مستندسازی، بازاریابی، ارتباطات و فراتر از این‌ها هر جا که نیاز به ارائه آموزشی باشد، پویانمایی، آموزش مناسب و جذابی برای یادگیرنده محیا می‌سازد [۷]. Piaget معتقد است تفکر دوره نوجوانی دارای چند ویژگی است. یک ویژگی این است که نوجوان واقعیت را نسبت به محتمل بودن در مرتبه دوم قرار می‌دهد. در قصه‌های عاطفی، نوجوانان دیگر محدود به آدم‌ها نیستند بلکه می‌توانند هیجان‌های خود را به سوی آرمان‌های انتزاعی نیز متمایل سازند. آنها به داستان‌های پرتحرک و پرماجرا با شخصیت‌پردازی‌ها و قهرمانان عجیب و غریب علاقه‌مندتر می‌باشند. مهم‌ترین عنصر سازنده پویانمایی، تولید شخصیت (Character) می‌باشد و اگر این شخصیت درست و مناسب انتخاب نشود، پویانمایی به مقصود خود نمی‌رسد.

در بررسی دیدگاه Piaget در مورد ارتباط کودکان با پویانمایی، چنین بیان می‌شود که قسمت اعظم ارتباط کودک با پویانمایی از طریق ارتباط بصری شکل می‌گیرد. قصه‌گویی، گفتگوها و دیگر عناصر غیربصری کمتر مورد توجه و علاقه آنان است. کودک در حین

نحوه اجرای پویانمایی در وب با پویانمایی‌های دیگر تفاوتی ندارد. اما وب برای نمایش یک پویانمایی، کند است و یک پویانمایی که باید با سرعت نمایش داده شود، معمولاً با سرعت خیلی کم و به حالت خزیدن روی صفحه ظاهر می‌شود. مگر اینکه از فناوری ویژه‌ای برای نمایش آن استفاده شود. چند راه مختلف برای ساخت پویانمایی در وب وجود دارد که فقط می‌توان به آن اشاره کرد: Animated GIF، Server Push، Client Pull و نرم‌افزار چندرسانه‌ای Skock Wave [۹].

### پویانمایی آموزشی و ویژگی‌های آن

یکی از مهم‌ترین و مفیدترین کاربردهای پویانمایی، استفاده از آن در امر آموزش است. هر جا سخن از یاددهی و یادگیری به میان می‌آید، پویانمایی می‌تواند کمک مؤثر و قابل توجهی در این فرآیند داشته باشد. پویانمایی قادر است واقعیت‌های علمی علوم پایه چون فیزیک، شیمی و ریاضی را به شکل واقعی نمایش دهد و یا این واقعیت را در قالب تخیل و داستان‌سرایی ارائه کند. این روش، به‌خصوص برای کودکان و نوجوانان جذاب و دوست‌داشتنی‌تر می‌باشد. برای نمونه در یک سریال آموزشی کودکان به همراه معلم خود، کوچک شده و با اتوبوسی به بدن انسان وارد می‌شوند و بخش‌های مختلف آن را مشاهده و بررسی می‌کنند. بنابراین پویانمایی‌ها قادرند مقولاتی را نمایش دهند که به‌صورت معمول قابل رؤیت نیستند [۱۰].

بنا به نظریه Schnotz و Levo، مفهوم پویانمایی آموزشی را می‌توان با استفاده از سه سطح مختلف مشخص کرد: سطح فنی (Technical Level)، سطح نمادی (Semiotic Level)، سطح روان‌شناختی (Psychological Level).

منظور از سطح فنی، هرگونه وسیله فنی است که برای تولید و یا انتقال علایم پویا استفاده می‌شود. همراه با تحول در صنعت گرافیک رایانه‌ای، ابزارهای متعددی در اختیار طراحان قرار گرفته است که به‌راحتی می‌توان از آنها برای تولید و نمایش پیام‌های آموزشی متفاوت و تعاملی استفاده کرد.

منظور از سطح نمادی، هر نوع علامت یا نشانه‌ای است که پویایی دارد و در نمایش انتقال می‌یابد و در نهایت سطح روان‌شناختی، آن دسته از فرآیندهای ادراکی و شناختی یادگیرنده است که هنگام مشاهده یا فهم پویانمایی به‌کار گرفته می‌شود [۱۱].

امروزه پویانمایی رایانه‌ای به دلیل خلق صحنه‌های جالب و جذاب، همچنین سادگی تهیه آن، می‌تواند در فرآیند یاددهی و یادگیری استفاده شود. از جمله کاربردهای آموزشی پویانمایی موارد

۸. پخش: یک محصول خوب برای ارائه به جامعه یا حتی جوامع دیگر نیاز به معرفی و پخش مناسب دارند. تبلیغ، معرفی و بازاریابی صحیح، جزئی از ارکان پخش محصول هستند [۸].

### انواع پویانمایی و ابزارهای تهیه آن

امروزه نرم‌افزارهایی جهت انجام عملیات ساخت پویانمایی وجود دارد که پیچیدگی بسیاری از مراحل تولید آن را تسهیل نموده است. بسته‌های نرم‌افزاری تولید پویانمایی‌های دوبعدی، سه‌بعدی و نمایش وجود دارند که بر اساس چگونگی تهیه و تولید آن‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

**پویانمایی دوبعدی:** بسته‌های نرم‌افزار پویانمایی دوبعدی به کاربر امکان می‌دهد تا پویانمایی سنتی را در رایانه پیاده کند به طوری که هر یک از قاب‌ها، تولید و رنگ شوند. اکثر پویانمایی‌های رایانه‌ای غیر واقع‌گرا (non Photo-Realistic) به‌وسیله بسته‌های نرم‌افزاری دوبعدی ساخته می‌شوند. روش‌های ساخت پویانمایی‌های دوبعدی قاب‌های ثابت (Frame Static)، اسپریب (Spribe)، بردار و مسیرهای اسپلاین (Spline) هستند. نرم‌افزارهای MayaMarco Media Flash، از جمله نرم‌افزارهای ساخت پویانمایی دوبعدی به‌شمار می‌روند.

**پویانمایی سه‌بعدی:** بسته‌های نرم‌افزار ساخت پویانمایی سه‌بعدی نیز متفاوتند زیرا متکی به یک سطح سه‌بعدی، مدل فضایی یا یک صحنه سه‌بعدی جهت ساخت پویانمایی هستند. امروزه اکثر بسته‌های نرم‌افزاری پویانمایی سه‌بعدی از ویژگی‌های هوشمندی برخوردارند که زمان موردنیاز برای کار با رایانه را کاهش می‌دهند. پویانمایی‌های رایانه‌ای واقعی به‌وسیله بسته‌های نرم‌افزاری سه‌بعدی ساخته می‌شوند. از معروف‌ترین نرم‌افزارهای سه‌بعدی 3D Max و Applet Animation را می‌توان نام برد.

**پویانمایی در وب (Web):** رشد سریع علم اطلاع‌رسانی و کاربرد روزافزون شبکه‌های رایانه‌ای منجر به ظهور یک شبکه گسترده ارتباطی تحت عنوان «وب» گردید. وب یک نظام مبتنی بر سرویس‌دهنده سرویس‌گیرنده (Client-Server) بر روی اینترنت است که با استفاده از ابزارهای فرامتن (Hyper Text) و پیوند اطلاعات به یکدیگر، دسترسی به منابع اطلاعاتی را تسهیل می‌کند. وب از ابزارهای فوق‌رسانه‌ای مانند ابر متن و چندرسانه‌ای بهره می‌گیرد. اطلاعاتی که از طریق وب بر روی اینترنت قرار می‌گیرند می‌تواند شامل متن، صدا، تصویر، پویا نمایی و فیلم باشد.



زیر است:

- نمایش پدیده‌ها، قوانین و اصول
  - جلب توجه
  - استفاده از علایم، نشانه‌ها برای هدایت توجه یادگیرنده به مطالب مهم در حین یادگیری
  - تمرین یادگیری از طریق تمرین
- پویانمایی‌های خوش‌ساخت و جذاب می‌توانند مفاهیم انتزاعی مانند آموزش امواج الکترومغناطیس را هرچه بیشتر در ذهن یادگیرنده ملموس، معنادار و دائمی سازند [۱۲]. از طریق پویانمایی‌ها می‌توان به یادگیرندگان کمک کرد که شرایط دنیای واقعی را توصیف نمایند. بنا به گفته Shaker، این ابزارهای فناورانه به شاگردان کمک می‌کنند که برخی کمیت‌ها را اندازه‌گیری و مدل‌هایی را در ذهن خود طراحی نمایند و این سبب می‌شود که دیدگاه‌های منفی خود را نسبت به یادگیری مفاهیم پیچیده کاهش دهند. همچنین اشتیاق آنان برای یادگیری افزایش می‌یابد. علاوه بر این، به کمک پویانمایی می‌توان درک شاگردان و مهارت‌های تمرکز محور را بهبود بخشید. پویانمایی‌ها بسیاری از حواس شاگردان از قبیل حس بینایی، شنوایی و خواندن آنها را هدف قرار می‌دهند بنابراین دانش کسب شده از این طریق دائمی‌تر و پایدارتر است [۱۲].
- به گفته Najjar، پویانمایی‌ها به شاگردان مهارت تفکر سه‌بعدی می‌دهند. بدین ترتیب، مفاهیم را سریع‌تر در می‌یابند، بر اطلاعات کلیدی تمرکز بیشتری پیدا می‌کنند [۱۳]. پویانمایی‌های آموزشی را به لحاظ شیوه ارائه مطالب می‌توان به صورت تعاملی یا غیرتعاملی دسته‌بندی کرد. در نوع اول یادگیرنده از طریق ساز و کارهایی که طراحی می‌شود قادر به تعامل با پویانمایی می‌باشند. مثلاً قادر به تغییر اندازه، مقدار، سرعت نمایش و بازبینی قسمت‌های دشوارتر می‌باشند. در پویانمایی‌های غیرتعاملی، تصاویر با سرعت یکسان و با مدت زمان مشخص نمایش داده می‌شوند و یادگیرنده قادر به تغییر آن نیست. ویژگی اصلی این نوع پویانمایی، ناپایداری تصاویر می‌باشد. در این نوع پویانمایی، یادگیرنده صرفاً نقش انفعالی دارد. به لحاظ کارکردهای پویانمایی، نوع تعاملی بیشتر با کارکرد تمرین و نوع غیرتعاملی با کارکرد نمایش پدیده‌ها مرتبط است [۱۰].

### نظریه‌های یادگیری و پژوهش‌های انجام‌شده

طبق معیار فهم‌پذیری، طراحی محیط‌های چندرسانه‌ای (با ترکیبی از متن، صوت، تصویر ثابت و متحرک و...) باید با نحوه یادگیری افراد سازگار باشد. نظریه شناختی یادگیری چندرسانه‌ای، از

سه مفروضه تشکیل شده است: فرضیه کانال دوگانه، فرضیه ظرفیت محدود و فرضیه پردازش فعال که چگونگی نحوه پردازش اطلاعات در فرآیند یادگیری افراد در استفاده از یک چندرسانه‌ای را مشخص می‌کنند. فرضیه کانال دوگانه بیان می‌کند که انسان‌ها دارای کانال‌های جداگانه‌ای برای پردازش اطلاعات شنیداری و دیداری هستند. همچنین طبق فرضیه ظرفیت محدود، انسان‌ها برای پردازش اطلاعات در هریک از کانال‌ها از ظرفیت محدودی برخوردارند که بنا بر فرضیه پردازش فعال، آنان با پرداختن به اطلاعات ورودی و سازمان‌دهی این اطلاعات در قالب بازنمایی‌های منسجم، همچنین تلفیق بازنمایی‌های ذهنی با دانش موجود خود، در یادگیری فعال درگیر هستند [۱۴]. شواهد پژوهشی متعدد حاکی از آن است که حافظه فعال (Working Memory) نقش بسیار عمده و تعیین‌کننده‌ای در انجام تکالیف پیچیده شناختی دارد. حافظه فعال یک نظام ذهنی است که وظیفه اندوزش و پردازش موقتی اطلاعات برای انجام یک رشته از تکالیف پیچیده شناختی نظیر فهمیدن، استدلال کردن و یادگیری را به عهده دارد [۱۵]. حافظه فعال بر وجوه حسی دیداری و شنیداری استوار است. بر مبنای الگوهای حافظه فعال، اطلاعات دیداری، در حافظه فعال دیداری و اطلاعات کلامی، در حافظه فعال کلامی رمزگذاری و پردازش می‌شوند [۱۶]. بسیاری از آموزش‌های مبتنی بر فناوری، از اثربخشی و کارایی کافی برخوردار نیستند. این‌گونه آموزش‌ها در مواردی به جای تسهیل و تسریع یادگیری برای یادگیرنده، به‌ویژه برای حافظه فعال او به‌عنوان گلوگاه یادگیری، بار یا تراکم شناختی ایجاد می‌کنند و بدین طریق سبب کندی یادگیری و حتی مانع یادگیری می‌شوند [۱۷]. بار شناختی (Cognitive Load) به معنی مجموع فعالیت‌های ذهنی است که در یک زمان بر حافظه فعال تحمیل می‌شوند [۱۸]. پژوهش‌های علوم یادگیری، سه نوع بار شناختی را مشخص کرده‌اند: بار شناختی دورنی (Intrinsic Cognitive Load)، بار شناختی بیرونی (Extraneous Cognitive Load) و بار شناختی مطلوب (Germane Cognitive Load). بار شناختی دورنی، از پیچیدگی ذاتی محتوای آموزشی نشأت می‌گیرد و نشان‌دهنده سطح دشواری این محتوا برای یادگیری است. برای مثال، محاسبه جواب دو به علاوه دو، بار شناختی دورنی کمتری را نسبت به محاسبه جواب یک معادله جبری، بر حافظه فعال یادگیرنده وارد می‌آورد. علت اصلی تحمیل بار شناختی بیشتر توسط محتوای آموزشی پیچیده‌تر، این است که عناصر این نوع محتواهای آموزشی، نسبت به محتواهای آموزشی ساده‌تر، از تعامل بیشتری با یکدیگر برخوردار هستند و این

می‌باشد [۱۹]. طبق نظریه شناختی یادگیری چندرسانه‌ای در یک محیط پویانمایی به‌عنوان یک محیط چندرسانه‌ای، هنگامی یادگیری روی می‌دهد که یادگیرنده در پنج فرآیند شناختی ذیل دخیل باشد:

- انتخاب کلمات مناسب برای پردازش در حافظه کلامی.
- انتخاب تصاویر مناسب برای پردازش در حافظه فعال دیداری.
- سازمان‌دهی کلمات انتخابی در قالب یک الگوی ذهنی کلامی.
- سازمان‌دهی تصاویر انتخابی در قالب یک الگوی ذهنی دیداری.
- تلفیق بازنمایی دیداری و کلامی با یکدیگر و با دانش موجود یادگیرنده [۲۰].

راهبردهای دیگری که می‌توان در تولید پویانمایی‌های تعاملی استفاده کرد، راهبردهای فراشناختی است. این راهبردها تدبیرهایی هستند که برای نظارت بر راهبردهای یادگیری و کنترل و هدایت آنها به‌کار برده می‌شوند. راهبردهای فراشناختی عمده را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

الف) راهبردهای برنامه‌ریزی: این راهبرد در فعال‌سازی یا برجسته نمودن جنبه‌های مرتبط دانش قبلی با تکلیف یادگیری جدید به سازمان‌دهی و درک ساده‌تر مطالب کمک می‌کند و می‌تواند شامل تعیین هدف برای یادگیری و مطالعه، پیش‌بینی زمان لازم برای یادگیری، تعیین سرعت مناسب برای یادگیری، تحلیل چگونگی برخورد با موضوع یادگیری و غیره باشد.

ب) راهبردهای نظارت و ارزشیابی: ارزشیابی یادگیرنده از کار خود برای آگاهی یافتن از چگونگی پیشرفت خود و هدایت آن است که شامل نظارت بر توجه و تمرکز هنگام یادگیری، خودارزیابی با استفاده از پرسش از خود حین یادگیری، نظارت بر میزان درک خود در مراحل پیشرفت یادگیری و غیره می‌شود.

ج) راهبردهای نظم‌دهی: این راهبردها انعطاف‌پذیری در رفتار یادگیرنده را موجب می‌شوند و به او کمک می‌کنند تا هر زمان برایش ضرورت داشته باشد روش و سبک یادگیری خود را تغییر دهد [۲۱]. در بررسی پیشینه تحقیق، تعداد بسیار محدودی پژوهش در زمینه کاربرد علمی پویانمایی و اصول استفاده از آن در آموزش یافت شد که گزارشی از آن در ذیل آورده شده است. در پژوهشی با عنوان «تأثیر تمرکز هدایت شده یادگیرنده و بار شناختی در درک پویانمایی» Amadeo و همکاران در دانشگاه Toulouse فرانسه در سال ۲۰۱۰ انجام شده است که نتایج آن به شرح زیر می‌باشد: این مطالعه در خصوص تأثیر Cueing بر بار شناختی و درک پویانمایی‌هایی که نمایش‌دهنده فرآیند پویا در گستره نمادسازی (Neurobiology) بودند، صورت پذیرفت. در تحلیل این پژوهش، دو نتیجه عمده

عناصر باید به‌طور هم‌زمان و یک‌جا در حافظه فعال یادگیرنده قرار گیرند. این طور به‌نظر می‌رسد که میزان این نوع بار شناختی موجود در یک محتوای آموزشی، غیر قابل تغییر باشد. ما نمی‌توانیم دشواری ذاتی یک محتوای آموزشی را از آن حذف کنیم. با این حال می‌توانیم محتوای آموزشی را به گونه‌ای طراحی کنیم که میزان این دشواری را برای یادگیرنده کمتر کند. برای مثال می‌توانیم محتوای آموزشی دشواری را به‌صورت بخش‌های جداگانه به یادگیرنده در قالب پویانمایی ارائه دهیم یا برای برجسته‌سازی بیشتر روابط بین عناصر یک محتوا، از فنون طراحی پیام، بهره بگیریم. بار شناختی بیرونی، از عناصر و نحوه طراحی آموزشی محتوا و ارائه آن به یادگیرنده نشأت می‌گیرد. برای مثال ارائه محتوای آموزشی به‌صورت دیداری و شنیداری به یادگیرنده، معمولاً بار شناختی کمتری را بر روی حافظه فعال یادگیرنده تحمیل می‌کند نسبت به زمانی که همان محتوای آموزشی فقط در قالب دیداری به یادگیرنده ارائه شود. علت این امر آن است که حافظه فعال از دو کانال دیداری و شنیداری تشکیل شده است و ظرفیت هر یک از این دو کانال محدود است. ارائه آموزشی که فقط به‌صورت دیداری باشد، حداکثر می‌تواند از نیمی از ظرفیت موجود در حافظه فعال استفاده کند. این نوع بار شناختی، غیرمطلوب است و طراح آموزشی تا حد امکان، باید با استفاده از فنونی از تحمیل آن بر حافظه فعال یادگیرنده، جلوگیری به‌عمل آورد. بار شناختی مطلوب، به تلاش‌های ذهنی یادگیرنده گفته می‌شود که برای یادگیری محتوای آموزشی جدید و برای خودکارسازی یادگیری خود و کسب طرح‌واره‌های ذهنی، متحمل می‌شود. خودکار سازی محتوای یاد گرفته شده می‌تواند بر محدودیت‌های حافظه فعال غلبه کند و موجب کاهش بار شناختی شود. دانش و مهارت‌هایی که به‌طور مکرر توسط یادگیرنده مورد استفاده قرار می‌گیرند، ممکن است به‌طور خودکار و بدون صرف کوشش هوشیارانه سطح بالایی از سوی وی، انجام شوند. مهارت خواندن متون نوشتاری توسط افراد بزرگسال، نمونه‌ای از خودکاری مهارت توسط آنها است. طراح آموزشی تا آنجا که می‌تواند باید این نوع بار شناختی را در محتوای آموزشی مورد طراحی خود، افزایش دهد. البته افراط بیش از حد در این زمینه، به‌خصوص برای یادگیرندگان مبتدی و کم‌اطلاع، ممکن است مشکل‌زا باشد. بار شناختی درونی، بیرونی و مطلوب بر روی هم، بار شناختی کلی تحمیل شده بر حافظه فعال را به وجود می‌آورد. به نظر می‌آید که بار شناختی درونی ناشی از محتوای آموزشی، غیرقابل تغییر باشد. بار شناختی بیرونی و بار شناختی مطلوب می‌تواند توسط طراح آموزشی، دستکاری شود. پویانمایی راه‌کار مناسبی برای طراح

جداگانه است که نمایش آن به تصمیم دانش‌آموز بستگی دارد و پویانمایی سوم دارای دکمه **play-stop** روی نسخه مداوم و یکسره بود.

نمرات مربوط به کارایی بار شناختی، با استفاده از نمره‌دهی دشواری فهم محتوا از نظر ذهنی و سنجش عملکرد یادگیری محاسبه شدند. در دو گروه پویانمایی نسخه دوم و سوم، عملکرد یادگیری افراد در سطح بالاتر و بار شناختی نسبتاً پایین‌تری در قیاس با نسخه اول مشاهده شد. مهم‌تر اینکه گروه **play-stop**، علی‌رغم اینکه دانش‌آموزان آن، دکمه را به ندرت فشار داده بودند، عملکرد بهتری را نسبت به گروه اول نشان دادند. این نتیجه نشان می‌دهد که تنها وجود دکمه **play-stop**، در کنار ارائه دستورالعمل در خصوص نحوه به‌کارگیری آن، باعث افزایش بار شناختی مربوطه گردید. اما در نهایت، عملکرد یادگیری دانش‌آموزان در این نسخه بالا رفت. عملکرد بهتر افراد در نسخه‌های دوم و سوم در قیاس با نسخه اول نشان داد که کنترل کاربر بر یادگیری خود، مسئله‌ای بسیار سودمند در یادگیری و درک مطالب است. به نظر می‌رسد در فرآیند یاددهی و یادگیری با استفاده از پویانما، هر کجا کاربر با پویانما بیشتر در تعامل بوده و بر نحوه نمایش پویانما و یادگیری خود نظارت داشته باشد مانند نسخه دوم و سوم، نتایج یادگیری مطلوب‌تر است [۲۳].

در پژوهشی با عنوان «تأثیر استفاده از پویانمایی‌ها در موفقیت علمی معلمان علوم تازه‌کار» که توسط **Unale** و همکاران در سال ۲۰۱۰ در دانشگاه **Malatya** ترکیه انجام شده است. در این مطالعه، تأثیر تکنیک پویانمایی بر یادگیری ویژگی‌های امواج الکترومغناطیس برای معلمان تازه‌کار علوم، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد پویانمایی‌های مورد استفاده در محیط آموزشی یکی از قوی‌ترین ابزارهای موجودند زیرا دیدگاه‌های منفی یادگیرندگان را نسبت به یادگیری موضوعات پیچیده کاهش می‌دهند. سوء تعبیر و تفسیر غلط از امواج الکترومغناطیس و ویژگی‌های آن توسط معلمان تازه‌کار و دشواری در یادگیری این امواج به دلیل انتزاعی بودن، مشکلات وخیمی در تدریس موضوع مذکور ایجاد نموده است. پویانمایی‌هایی مطابق با اهداف آموزشی طراحی، تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. موفقیت معلمان در ارائه محتوا با استفاده از پویانمایی در گروه گواه این مطالعه نشان داد که یادگیرندگان خواهان کسب دانش در زمان کوتاه‌اند و می‌خواهند در فرآیند یادگیری با چیزهای جذاب و جالبی مواجه شوند. برای نمونه، پویانمایی‌های خوش‌ساخت و جذاب می‌توانند مفاهیم انتزاعی را هرچه بیشتر در ذهن یادگیرنده، ملموس، معنادار و دائمی سازند. با توجه به اینکه یادگیری مباحث دشواری

به‌دست آمد. نخست این که، بار شناختی خارجی، پس از سه بار تماس با پویانمایی، به کمک **Cueing** کاهش یافته بود. ثانیاً میزان نگهداری عناصر مجزای پویانمایی در هر دو گروه بهبود یافته، درحالی‌که علل روابط بین عناصر فقط در وضعیت **Cueing** درک شده بود. علاوه بر این در عمل حل مسئله مشخص شد که **Cueing** به رشد و توسعه هرچه بیشتر مدل ذهنی گسترده‌تر و بهبود میزان نگهداری عناصر مجزای پویانمایی و درک علل روابط بین عناصر کمک کرده است. روش **Cueing** به یادگیرنده کمک می‌کند که هم عناصر مهم را انتخاب کنند و هم نسبت به عناصر جانبی پویانمایی بی‌توجه باشند. در آغاز هر مرحله از مکانیسم تقویت‌کننده ماندگار (**Long Time Potentiation**)، یک مربع ارغوانی‌رنگ روی منطقه مربوطه ظاهر می‌شد تا توجه یادگیرنده را نسبت به آن منطقه جلب کند. سپس روی منطقه‌ای که فقط اطلاعات مربوطه به آن مرحله نمایش داده می‌شد، بزرگ‌نمایی صورت می‌گرفت. نتایج این بررسی بر اساس نظریه بار شناختی نشان می‌دهد که هدایت توجه‌محور با استفاده از علائم و نمادهایی چون **Cueing** در پویانمایی، به فرد کمک می‌کند توجه خود را بر مطالب مهم متمرکز نماید و این، توجه فرد را از متمرکز شدن بر مسائل جانبی و حاشیه‌ای پویانمایی که بار شناختی را افزایش می‌دهد، منحرف می‌کند. در نهایت درک بهتری در فرد ایجاد می‌شود [۲۲].

پژوهشی دیگر با عنوان «تأثیر کنترل یادگیرنده در پویانمایی آموزشی» توسط **Kersten, Hasler** و **Sweller** در سال ۲۰۱۰ انجام شد. در این مطالعه چنین گزارش شده است: پژوهش‌های تطبیقی در خصوص پویانمایی و هنرهای تجسمی غیرمتحرک، نتایج متعارضی را نشان داد. به نظر می‌رسد در برخی شرایط، پویانمایی به جای بهبود یادگیری، سدی در مقابل آن است. پویانمایی به تلاش‌های پردازش شناختی بیشتری در قیاس با هنرهای تجسمی غیرمتحرک نیاز دارد زیرا ممکن است بار شناختی سطح بالایی را ایجاد کند. نظریه بار شناختی بر اهمیت کنترل درخواست‌های حافظه فعال به‌منظور ساده‌سازی فرآیند یادگیری تأکید می‌ورزد و چارچوبی نظری برای مطالعه نحوه پردازش و یادگیری پویانمایی آموزشی فراهم می‌آورد. هدف این مطالعه، بررسی نحوه طراحی پویانمایی به‌منظور بهینه‌سازی کارایی آموزشی آن بود. از سه نسخه پویانمایی با روایت هم‌زمان و یک نسخه روایت تنها برای آموزش توالی روز و شب به دانش‌آموزان دوره ابتدایی استفاده شده است. سه پویانمایی با شرایط ذیل نمایش داده شد:

«پویانمایی اول یکسره و مداوم، پویانمایی دوم دارای بخش‌های

- مانند امواج الکترومغناطیس برای دانش‌آموزان سخت است و معلمان تازه‌کار از تدریس آن به دلیل انتزاعی بودن بحث عاجز هستند، پویانمایی‌های جذاب به کار برده شده در تحقیق، به دانش‌آموزان در فهم و درک معنادار آن کمک کرد [۲۴].
۴. امروزه پویانمایی رایانه‌ای به دلیل خلق صحنه‌های جالب و جذاب و همچنین سادگی تهیه آن، می‌تواند در فرآیند یاددهی و یادگیری استفاده شود.
۵. دشواری ذاتی یک محتوای آموزشی را نمی‌توان از آن حذف کرد. با این حال می‌توان محتوای آموزشی را به گونه‌ای طراحی نمود که میزان این دشواری را برای یادگیرنده کمتر نماید. برای مثال می‌توان آن محتوا را به صورت بخش‌های جداگانه به یادگیرنده در قالب پویانمایی ارائه داد.
۶. در پژوهشی با عنوان «نقش پویانمایی در آموزش مفاهیم سه‌بعدی» که توسط روشنگر و همکاران در دانشگاه علوم پزشکی تبریز انجام شد، استفاده از پویانمایی در ارائه درس جنین‌شناسی برای دانشجویان دوره علوم پایه رشته پزشکی، به یادگیری مفاهیم سه‌بعدی و یادگیری دروس تئوری تجسمی کمک فراوانی نموده است. میانگین میزان یادگیری و درک مفاهیم دانشجویان در فصولی که از پویانمایی استفاده شده در مقایسه با آنهایی که استفاده نشده بود، تفاوت معنی‌داری را نشان داد [۱۳].
- در تحقیقی تحت عنوان «طراحی پویانمایی‌های آموزش سلامت در تلفن‌های همراه دانش‌آموزان» که توسط خندان در دانشگاه شهروند انجام شد، پویانمایی در آموزش مفاهیم پیشگیری و مراقبت از بیماری برای دانش‌آموزان به صورت دو بعدی که قابل استفاده در تلفن‌های همراه بود، طراحی شد. طبق نظرسنجی انجام شده، پویانمایی در درک و یادگیری مفاهیم مشکل و پیچیده نسبت به روش‌هایی که قبلاً استفاده شده بود، نتایج بسیار مؤثری در یادگیری نشان داد [۱۳].
۷. اتخاذ راهبردهای نظریه شناختی یادگیری چندرسانه‌ای و فراشناختی در تولید پویانمایی‌های تعاملی مؤثر هستند.
۸. پویانمایی‌های آموزشی، دیدگاه‌های منفی یادگیرندگان را نسبت به یادگیری موضوعات پیچیده کاهش می‌دهند.
۹. در فرآیند یاددهی و یادگیری با استفاده از پویانمایی، هر کجا کاربر با پویانما بیشتر در تعامل بوده و بر نحوه نمایش پویانمایی و یادگیری خود نظارت داشته باشد، نتایج یادگیری مطلوب‌تر است.

### نتیجه‌گیری

- با وجود اینکه استفاده از پویانمایی در فرآیند یاددهی و یادگیری می‌تواند بسیار جذاب و محبوب باشد، اما توجه به یک جنبه از قابلیت‌ها و توانایی‌های آن در فرآیند یاددهی و یادگیری کافی نیست. نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد کاربرد نظریه‌های یادگیری، توجه به شیوه پردازش اطلاعات دیداری و استفاده از اصول طراحی تصاویر متحرک در تهیه پویانمایی آموزشی، کارایی پویانمایی را در فرآیند یاددهی و یادگیری افزایش خواهد داد. به‌طور خلاصه می‌توان به نکات اساسی ذیل در تهیه پویانمایی آموزشی اشاره کرد:
۱. طبق معیار فهم‌پذیری، طراحی محیط‌های چندرسانه‌ای (با ترکیبی از متن، صوت، تصویر ثابت و متحرک و ...) باید با نحوه یادگیری افراد سازگار باشد.
  ۲. پویانمایی‌های خوش‌ساخت و جذاب می‌توانند مفاهیم انتزاعی مانند آموزش امواج الکترومغناطیس را هرچه بیشتر در ذهن یادگیرنده ملموس، معنادار و دائمی سازند.
  ۳. از طریق پویانمایی‌ها می‌توان به یادگیرندگان کمک کرد که شرایط دنیای واقعی را توصیف نمایند.
۱۰. بر اساس نظریه بار شناختی، هدایت توجه‌محور با استفاده از علائم و نمادهایی چون Cueing در پویانمایی، به فرد کمک می‌کند توجه خود را بر مطالب مهم متمرکز نماید و این، توجه فرد را از متمرکز شدن بر مسائل جانبی و حاشیه‌ای پویانمایی که بار شناختی را افزایش می‌دهد، منحرف می‌کند. در نهایت درک بهتری در فرد ایجاد می‌کند.
۱۱. پیشنهاد می‌گردد پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه استانداردسازی مراحل طراحی، اجرا و ارزشیابی پویانمایی، انجام شود. این پژوهش‌ها می‌تواند گامی مؤثر در تولید پویانمایی مناسب آموزشی باشد.
- پیشنهاد می‌گردد پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه استانداردسازی مراحل طراحی، اجرا و ارزشیابی پویانمایی، انجام شود. این پژوهش‌ها می‌تواند گامی مؤثر در تولید پویانمایی مناسب آموزشی باشد.



## References:

1. Patricia A, Alexander D. What Is Learning Anyway? A Topographical Perspective Considered. 1st ed. The Mid Atlantic Region of the United State: University of Maryland; 2010. p. 15-20.
2. Afzalnia MR. Understanding and Designing Learning Resources Centers. 1st ed. Tehran: SAMT publications. 2009. p. 120 [In Persian]
3. Roblyer E, Havriluk MD, Edwards J, Havriluk MA. Integrating Educational Technology into Teaching. 2nd ed. Bergen County, New Jersey, United States: Merrill: Upper Saddle river, NJ; 1997. p. 56.
4. Ashuri, M. Basic Principles in Animation. 2nd ed. Tehran: Dibagaran Institution Publications. 2006. p. 56. [In Persian]
5. Hasler BS, Kersten B, Sweller J. User Control as an Instructional Method to Reduce Learners' Cognitive Load in Transient Animation. Annual Meeting of the American Educational Research Association, AERA; 2006, April; San Francisco. San Francisco: Random House; 2006. P. 6-11.
6. Mohsenian Rad M. Communication. 5th ed. Tehran: Soroush Publications; 2003. p. 56. [In Persian]
7. Khatayi S. Fantasy Characters in Animation. Analytical-research Journal. 2008;2(6):125 [In Persian]
8. Nasr H. The Analysis of Weaknesses and Strengths of Animation in Iran. Educational Research Journal. 2009;2(106):146. [In Persian]
9. Ranjbar R. Animation in web. Web journal. 2010;2(24):58. [In Persian]
10. Alamdari AM. The Application of Animation in Education. Tehran: Pilban Animation Publication; 2010.p. 102. [In Persian]
11. Schnotz W, Rasch T. Enabling, Facilitating and Inhibiting Effects of Animations in Multimedia Learning: Why Reduction of Cognitive Load Can Have Negative Results on Learning. Educational Technology, Research and Development. 2005;5(3):135.
12. Koning BB, Tabbers H. Attention Cueing in an Instructional Animation: The Role of Presentation Speed. Computers in Human Behavior, University Rotterdam. 2011;27(1):41-45.
13. Jamebozorg Z. The Effectiveness of Media and Education Methods in Health Education. Tehran. Bayegan Publications; 2007. p. 56-70.
14. Wouters P, Paas F, Van Merriënboer JGG. How to Optimize Learning from Animated Models: A Review of Guidelines Based on Cognitive Load, Review of Educational Research. SAGE Journals. 2008 [cited 2011 June 20];78(3):645-675. doi:10.3102/0034654308320320. Available from: <http://rer.sagepub.com/content/78/3/645>.
15. Kriz S, Hegarty M. Top-down and Bottom-up Influences on Learning from Animations. International Journal of Human-Computer Studies. 2007;5(3):175.
16. Clark RC, Nguyen F, Sweller J. Efficiency in Learning: Evidence-based Guidelines to Manage Cognitive Load. San Francisco, CA: Pfeiffer. 2006. p. 120-122
17. Sweller J. Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: Mayer RE, ed. Cambridge Handbook of Multimedia Learning. New York: Cambridge University Press; 2005. p. 19-30.
18. Cooper JM. Classroom Teaching Skills. 7th ed. MA: Houghton Mifflin; 2003. p. 155.
19. Kalyuga S. Cognitive Load Factors in Instructional Design for Advanced Learners. New York, NY: Nova Science Publishers, Inc; 2009. p. 252-255.
20. Moreno R, Valdez A. Cognitive Load and Learning Effects of Having Students Organize Pictures and Words in Multimedia Environments: The Role of Student Interactivity and Feedback. Educational Technology, Research and Development. 2005;3(3):35-45.
21. Sterahler A. The Relationship between Cognitive Load, Cognitive Style and Multimedia Learning [PhD thesis]. Pretoria: University of Pretoria, department of UP Arts; 2008.
22. Amadiou F, Marine E, Laimay C. The Attention: Guiding Effect and Cognitive Load in the Comprehension of Animation. Computers in Human Behavior. 2011;27(1):36-40
23. Hasler BS, Kersten B, Sweller J. User Control as an Instructional Method to Reduce Learners' Cognitive Load in Transient Animation. Annual Meeting of the American Educational Research Association, AERA; 2006, April; San Francisco. San Francisco: Random House; 2006 [cited 2011 June 15]. P. 6-11. Available from: [www.ifi.uzh.ch/ee/people/bhasler/](http://www.ifi.uzh.ch/ee/people/bhasler/)
24. Unal I, Okur N, Kapucu S. The Effect of Using Animations on Pre-Service Science Teachers' Science Achievement. Procedia social and Behavioral Sciences. 2010;2(2):5357-5361.