

تعامل انسان و رایانه: کنترل سرعت ارائه‌ی انیمیشن آموزشی در یادگیری چندرسانه‌ای

زهرا جهانیش^۱، حمیدرضا حسن‌آبادی^{۲*}^۱ کارشناسی ارشد روانشناسی تربیتی، دانشگاه خوارزمی^۲ گروه روانشناسی تربیتی، دانشگاه خوارزمی

چکیده

به منظور مطالعه تأثیر استفاده از امکانات کنترل سرعت در طی مشاهده‌ی انیمیشن آموزشی توسط یادگیرنده بر پیامدهای یادگیری از دو نسخه انیمیشن یادگیرنده-کنترل (دارای کنترل از طریق ۲ دکمه و دارای کنترل از طریق ۳ دکمه) برای آموزش چگونگی کارکرد سیستم ترمز اتومبیل به صورت زنجیره‌علی استفاده شد. با این هدف ۴۲ دانش‌آموز دبیرستانی به طور تصادفی به گروه‌ها منتسب شدند. نتایج نشان داد که گروه دارای کنترل ۳ دکمه، به طور معناداری بیشتر از گروه دارای کنترل ۲ دکمه از دکمه‌های کنترل سرعت استفاده کردند. با وجود این، هیچ تفاوت معناداری بین گروه‌ها در آزمون نگهداری و انتقال وجود نداشت. نتایج بر پایه نظریه شناختی-عاطفی یادگیری از طریق رسانه تبیین شدند.

کلیدواژه‌ها: تعامل کاربر با رایانه؛ یادگیری چندرسانه‌ای؛ کنترل سرعت ارائه

مقدمه

محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای مبتنی بر رایانه شامل بازنمایی‌های کلامی و دیداری هستند (مهیر، ۲۰۰۱). در چنین محیط‌هایی که مطالب از طریق انیمیشن ارائه می‌شود یادگیرنده پردازش شناختی زیادی نیاز دارد، زیرا عناصر اصلی و روابط مطالب در طول انیمیشن ناپدید می‌شوند و همچنین ناپایدار هستند. هنگام مشاهده این ارائه‌ها، یادگیرندگان نه تنها نیازمند یکپارچه‌سازی اطلاعات جدید با دانش موجود هستند، بلکه باید اطلاعات جدید را با موارد ارائه شده در بخش‌های قبلی انیمیشن که دیگر در معرض دید نیستند، یکپارچه سازند (مهیر، ۲۰۰۱). به دلیل محدودیت زمانی حافظه کاری، یکپارچه‌سازی اطلاعات جدید با اطلاعات قبلی دشوار است (هسلر و سوئهلر، ۲۰۰۷). مطالعات مختلف (تابرز و کوئچر، ۲۰۱۰؛ حسن‌آبادی، رباط‌جزی و پاکدامن، ۲۰۱۱؛ مهیر و چندلر، ۲۰۰۱؛ هسلر و همکاران، ۲۰۰۷) نشان داده‌اند که وجود کنترل یادگیرنده بر سرعت ارائه در آموزش چندرسانه‌ای می‌تواند به یادگیرنده در رفع این محدودیت کمک کند. با وجود این، پژوهش‌ها در زمینه کنترل سرعت و تقطیع نتایج ناسازگاری ارائه کرده‌اند.

برخی از این پژوهش‌ها اثرات مثبتی را برای کنترل یادگیرنده-سرعت و تقطیع در ارائه انیمیشن یافته‌اند (حسن‌آبادی و همکاران، ۲۰۱۱؛ مهیر و چندلر، ۲۰۰۱؛ هسلر و همکاران، ۲۰۰۷)؛ اما، سایر مطالعات برای اثر کنترل سرعت و تقطیع محدودیت و یا حتی اثر معکوس یافته‌اند (تابرز، مارتینز، و فان مرین‌باور، ۲۰۰۴؛ پاکدامن، حسن‌آبادی، فصیحی‌پور، ۲۰۰۱). طراحان محیط‌های یادگیری چندوجهی تعاملی دائماً با دو چالش روبرو هستند: کاهش پردازش شناختی اضافی که توسط تعامل ایجاد می‌شود و بیشینه‌سازی انگیزش یادگیرنده برای درگیر شدن در پردازش شناختی زایا که می‌تواند از طریق تعامل افزایش یابد (مورینو و مهیر، ۲۰۰۷). از این رو، هدف مطالعه حاضر این بود که آیا استفاده بیشتر از امکانات کنترل به ارتقای یادگیری از محتوای آموزشی منجر می‌شود.

نظریه شناختی-عاطفی یادگیری از طریق رسانه (Cognitive-Affective Theory of Learning with Media, CATLM؛ مورینو، ۲۰۰۵؛ مورینو و مهیر، ۲۰۰۷) با بسط نظریه شناختی یادگیری چندرسانه‌ای (مهیر، ۲۰۰۱)، به محیط‌های آموزشی چندوجهی تعاملی، پشتوانه تئوریک و منسجمی را برای ارائه‌های چندرسانه‌ای از طریق انیمیشن فراهم کرده است. این نظریه بر مفروضه‌های زیر مبتنی است: (الف) انسان‌ها مجراهای جداگانه برای پردازش وجوه حسی اطلاعات مختلف دارند؛ (ب) تنها اطلاعاتی کمی در هر زمان در حافظه کاری درون هر مجرا بطور فعالانه پردازش می‌شوند؛ (ج) یادگیری معنادار زمانی رخ می‌دهد که یادگیرنده تلاش هوشیارانه خود را در پردازش شناختی همچون انتخاب، سازماندهی، و یکپارچه‌سازی اطلاعات جدید با دانش موجود صرف؛ (د) حافظه بلندمدت دارای ساختاری پویا و گسترش‌یابنده است که یک حافظه برای تجارب قبلی و یک حافظه برای دانش حیطه کلی را دربردارد؛ (ه) عوامل انگیزشی یادگیری را از طریق افزایش یا کاهش درگیری شناختی میانجی‌گری می‌کنند؛ (و) عوامل فراشناختی یادگیری را از طریق تنظیم پردازش شناختی و عاطفه میانجی‌گری می‌کند و (ز) تفاوت‌ها در دانش قبلی و توانایی‌های یادگیرندگان میزان یادگیری از طریق رسانه‌ای خاص را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در تایید مفروضه (ج) مورینو و مهیر (۲۰۰۷)، پنج نوع تعامل رایج را معرفی می‌کنند. در تعامل به‌وسیله کنترل کردن، یادگیرنده قادر به تعیین سرعت و/یا ترتیب بخش‌های یادگیری است. این تکنیک آموزشی به منظور غلبه بر مشکلات مربوط به بار شناختی برونزاد در طول پردازش اطلاعات ناپایدار مطرح شده است (مهیر و همکاران، ۲۰۰۳). در مطالعه پاکدامن و همکاران (۲۰۱۱) شرکت‌کنندگان به طور تصادفی به گروه‌های گفتار-تعامل کم، گفتار-تعامل زیاد، متن-تعامل کم و متن-تعامل زیاد منتسب شدند. تعامل کم شامل استفاده از دکمه‌های اجرا و توقف و تعامل زیاد شامل استفاده از دو دکمه افزون‌تر - جلو و عقب- بود. نتایج این پژوهش نشان داد که اثر تعامل برای هیچ یک از آزمونه‌های انتقال و نگهداری معنادار نبود. به طور مشابه مطالعه‌ی دیگری درمورد کنترل یادگیرنده بر سرعت ارائه که توسط هسلر و همکاران (۲۰۰۷)، انجام شد سه گروه را مقایسه کرد: انیمیشن ممتد سیستم-سرعت، انیمیشن یادگیرنده-سرعت دارای تقطیع و انیمیشن یادگیرنده-سرعت با دکمه‌های اجرا/توقف که به یادگیرنده امکان کنترل سرعت برنامه را می‌داد. نتایج درمورد پرسش‌های با پیچیدگی بیشتر نشان داد که گروه دارای کنترل سرعت بهتر از گروه سیستم-سرعت عمل کردند. نکته جالب توجه

* e-mail: hrhassanabadi@gmail.com

این است که با وجود عملکرد بهتر در گروه دارای کنترل اجرا/توقف، این گروه از این امکان کنترل به ندرت استفاده کردند. از آنجایی که نتایج به دست آمده از پژوهش‌ها درباره کنترل سرعت و تقطیع ناسازگار هستند، هدف این پژوهش بررسی تأثیر دو حالت مختلف از کنترل یادگیرنده-سرعت بر ارتقای یادگیری در طول آموزش انیمیشن چندرسانه‌ای شنیداری-دیداری بود. فرض ما این بود که هرچه کنترل یادگیرنده بر محتوا بیشتر باشد عملکرد وی در آزمون‌های نگهداری و انتقال بهتر می‌شود.

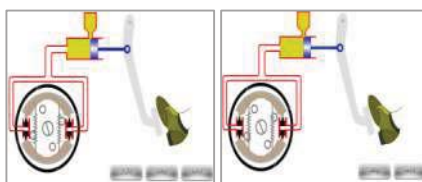
روش

شرکت‌کنندگان

شرکت‌کنندگان ۴۲ دانش‌آموز دختر ($n=22$) و پسر ($n=20$) مقطع دبیرستان رشته ریاضی فیزیک و علوم تجربی بودند. این افراد سطح پایینی از دانش قبلی را در زمینه مکانیک و تعمیر اتومبیل گزارش کردند ($M=3/28$ و $SD=2/18$ از ۱۲ نمره ممکن). این مطالعه مبتنی بر طرح تک عاملی کاملاً تصادفی بود. شیوه کنترل یادگیرنده بر سرعت ارائه انیمیشن گفتاری چندرسانه‌ای (گروه دارای کنترل‌های اجرا و توقف، گروه دارای کنترل‌های اجرا، توقف و اجرای مجدد) عامل آزمایشی در این مطالعه بود. به هر یک از گروه‌ها ۲۱ شرکت‌کننده به طور تصادفی منتسب شد.

ابزار

مواد مداد و کاغذی برای هر شرکت‌کننده شامل پرسش‌نامه دانش قبلی، آزمون‌های یادسپاری و انتقال بود. پرسش‌نامه دانش قبلی به منظور سنجش میزان دانش موجود افراد در خصوص مطلب مورد یادگیری و شامل یک خود-گزارش‌دهی ۵ گویه‌ای و یک چک لیست ۷ درجه‌ای طیف لیکرت بود. در خود-گزارش‌دهی از شرکت‌کنندگان درخواست شد که "لطفاً مودی که دانش شما را درمورد مکانیک و تعمیر اتومبیل نشان می‌دهد، علامت بزنید" (مانند "من می‌توانم روغن اتومبیل را تعویض کنم") و چک لیست نیز از دانش‌آموزان می‌خواست که کنار هر یک از مواردی که تابه‌حال انجام داده‌اند علامت بگذارند. آزمون نگهداری شامل یک پرسش با این عبارت بود: "لطفاً درمورد چگونگی کارکرد سیستم ترمز اتومبیل توضیح دهید." این آزمون به منظور اندازه‌گیری حافظه دانش-آموزان برای مطالب ارائه‌شده به کار گرفته شد. هر شرکت‌کننده مدت زمان ۶ دقیقه برای پاسخ گویی به این پرسش فرصت داشت. هریک از پنج برگه‌ی مربوط به آزمون انتقال یکی از پرسش‌های انتقال را در بر داشت؛ برای مثال "چه چیزهایی موجب گرم شدن ترمز اتومبیل می‌شود؟"، آزمون انتقال به منظور سنجش توانایی به‌کارگیری راه حل‌های موجود در موقعیت‌های جدید به کار رفت. هریک از شرکت‌کنندگان برای پاسخگویی به هریک از پرسش‌های انتقال ۳ دقیقه فرصت داشتند. مطالب رایانه‌ای شامل انیمیشن‌هایی بود که به صورت یک زنجیره علی‌چگونگی کارکرد سیستم ترمز را در ۹ مرحله به همراه گفتار ارائه می‌کرد و به این ترتیب برای هر یک از دو گروه متفاوت بود: انیمیشن گفتاری دارای کنترل سرعت از طریق دکمه‌های اجرا و توقف، انیمیشن گفتاری دارای کنترل سرعت از طریق دکمه‌های اجرا، توقف و اجرای مجدد. این برنامه‌ها موقعیت‌های آزمایشی مطالعه حاضر را تشکیل دادند. اسلایدهای نمونه‌ی این انیمیشن‌ها در شکل ۱ قابل ملاحظه است. مدت زمان انیمیشن آموزشی ۵۲ ثانیه بود که در نسخه تقطیع شده بر اساس جمع هر نه قطعه به‌دست آمد. برای هر دو گروه مدت زمان مرحله یادگیری به مدت ۳ دقیقه ثابت در نظر گرفته شد. تجهیزات به کار گرفته شده در این آزمایش شامل ۲ دستگاه رایانه شخصی Acer با مانیتور ۱۷ اینچ و به همراه ۲ هدفون Sony بود.



شکل ۱. نمونه اسلایدهای انیمیشن آموزشی

شیوه‌ی اجرا

جلسه‌های آزمایشی در اتاق رایانه مدارس انجام شد. به رایانه‌ها هدفون وصل شده بود. شرکت‌کنندگان به طور تصادفی به دو گروه آزمایشی منتسب شدند. همچنین آنها در هر جلسه به‌طور انفرادی مورد آزمایش قرار گرفتند. هر شرکت‌کننده در برابر یک دستگاه رایانه و دور از سایر شرکت‌کنندگان می‌نشست. اجرای آزمایش در سه مرحله پیش از آموزش، آموزش و آزمون انجام گرفت. در مرحله پیش از آموزش هدف از حضور شرکت‌کنندگان و توضیح کوتاهی درمورد چگونگی کار با رایانه، و نحوه انجام تکالیف بیان گردید. سپس شرکت‌کنندگان به پرسشنامه دانش قبلی پاسخ دادند. در مرحله آموزش، انیمیشن‌ها در مورد چگونگی کارکرد سیستم ترمز بودند. هر چهار گروه انیمیشن را همراه با گفتار دریافت کردند. مرحله آخر مربوط به آزمون بود که در آن میزان یادگیری شرکت‌کنندگان بلافاصله پس از اتمام برنامه مورد سنجش قرار گرفت. ابتدا آزمون نگهداری اجرا شد و از شرکت‌کنندگان خواسته شد آنچه را از مطالب آموزشی به یاد دارند بنویسند. سپس آزمون انتقال گرفته شد. هر کدام از پرسش‌های انتقال به شکل جداگانه و پی در پی جهت تکمیل به شرکت‌کنندگان ارائه شد. ما برای کنترل اثر ترتیب پرسش‌ها، پرسش‌های آزمون انتقال را به صورت تصادفی در میان شرکت‌کنندگان توزیع کردیم. در پایان کار هدایایی جهت قدردانی از طرف آزمون‌گر به دانش‌آموزان اهدا شد. پس از اینکه شرکت‌کنندگان از اتاق رایانه خارج شدند، آزمون‌گر در هر یک از سیستم‌ها مدت زمان کلی مشاهده انیمیشن، تعداد دفعات و زمان استفاده از هر یک از دکمه‌ها، و مدت زمان توقف بعد از هر قطعه را برای تک‌تک شرکت‌کنندگان ثبت نمود.

نتایج

به منظور بررسی تفاوت گروه‌ها در دانش قبلی از آزمون تحلیل واریانس (ANOVA) یک راهه استفاده شد. نتایج آزمون لوین حاکی از برقراری مفروضه همگنی واریانس‌ها در بین گروه‌ها بود، $F_{(3, 80)} < 1$ ؛ ns. به طور متوسط، دانش قبلی دانش‌آموزان پایین ($M=3/38$ و $SD=2/18$) بود و هیچ تفاوت معناداری بین گروه‌ها با توجه به دانش قبلی وجود نداشت، $F_{(3, 80)} < 1$ ؛ ns. شاخص دشواری با استفاده از نسبت پاسخ‌های درست در هر پرسش محاسبه شد. به استثنای پرسش یادسپاری، میزان سطح دشواری پرسش‌ها بسیار پایین است؛ که حاکی از دشوار بودن پرسش‌ها برای شرکت‌کنندگان است. سطح دشواری پرسش یادسپاری بالاتر از حد متوسط ($0/70 - 0/31$) قرار دارد. در بین پرسش‌های انتقال سوال 3 و 5 نسبت به سایر پرسش‌ها دشوارتر ($0/09$) هستند.

هر گروه شامل 21 نفر بود. گروه اول دارای کنترل از طریق دکمه توقف و اجرا بودند. گزارش استفاده از دکمه‌ها نشان می‌دهد که از بین 21 نفر، 16 نفر به هیچ عنوان از دکمه‌ها استفاده نکردند. یک نفر به صورت غیرمنطقی از دکمه‌ها استفاده کرده بود؛ بدین معنی که 10 مرتبه دکمه اجرا را بی وقفه و بدون استفاده از دکمه توقف کلیک کرده بود. دو نفر از شرکت‌کنندگان دکمه توقف و سپس اجرا را هر کدام یک بار استفاده کرده بودند. دو نفر دیگر از دانش‌آموزان نیز هر یک از دکمه‌های توقف و اجرا را دوبار استفاده کرده بودند. در گروه دوم که کنترل آنها بر سرعت ارائه از طریق سه دکمه‌ی توقف، اجرا و تکرار بود، 8 نفر از 21 شرکت‌کننده در این گروه به هیچ عنوان از دکمه‌ها استفاده نکردند. یکی از شرکت‌کنندگان دکمه تکرار را سه مرتبه متناسب با قطعات مورد استفاده قرار داد. اما سایر شرکت‌کنندگان از دکمه‌ها به صورتی نامناسب استفاده کردند؛ بدین معنی که دکمه‌ها را به صورتی غیر منطقی و یا نامتناسب با قطعات مورد انتظار و به شکلی بازی گونه مورد استفاده قرار دادند. کمترین میزان استفاده از دکمه‌ها 3 مرتبه و بیشترین میزان بکارگیری دکمه‌ها 10 مرتبه بود.

جدول 1

آماره‌های توصیفی برای گروه‌های کاربردی در آزمون یادسپاری و انتقال

گروه	استفاده از دکمه		یادسپاری		انتقال	
	SD	M	SD	M	SD	M
دارای کنترل دو دکمه	2/43	2/90	1/43	5/38	2/03	4/00
دارای کنترل سه دکمه	3/80	5/33	1/23	5/00	1/98	3/71

به دنبال پاسخ به این سؤال که آیا دو گروه دارای کنترل متفاوت بر سرعت یادگیری، تعداد دفعات متفاوتی نیز از دکمه‌های کنترل استفاده کرده‌اند یا خیر، از آزمون t مستقل استفاده گردید. نتایج آزمون نشان داد که گروه دارای کنترل از طریق سه دکمه به طور معناداری بیشتر از گروه دارای کنترل از طریق دو دکمه، در طول آموزش از دکمه‌ها استفاده کردند، $t_{(37/99)} = -2/47$ ؛ $p=0/02$. جدول 1 آماره‌های توصیفی مربوط به تعداد دفعات بکارگیری دکمه‌ها توسط هر یک از دو گروه را نشان می‌دهد. در آزمون اثر کاربردی‌های آموزشی بر نمره‌های آزمون نگهداری و انتقال از آزمون t برای دو گروه مستقل (گروه دارای کنترل بر سرعت ارائه مطالب از طریق دو دکمه و گروه دارای کنترل بر سرعت ارائه مطالب از طریق سه دکمه) استفاده شد. نتایج آزمون t نشان داد بین دو گروه تفاوت معناداری در میزان نگهداری ($t_{(36)} = 0/93$ ؛ $p=0/36$) و میزان انتقال ($t_{(36)} = 0/46$ ؛ $p=0/65$) وجود ندارد.

بحث

هدف از این مطالعه بررسی اثر استفاده از امکانات کنترل بر سرعت ارائه مطالب انیمیشن چندرسانه‌ای بر میزان یادگیری دانش آموزان بود. بدین منظور، دو حالت از امکانات کنترل در قالب گروه‌های آزمایشی ارائه شد. نتایج نشان داد که گروه دارای کنترل از طریق سه دکمه به طور معناداری بیشتر از گروه دارای کنترل از طریق دو دکمه از دکمه‌ها استفاده کردند. دادن امکان کنترل سرعت ارائه مطالب آموزشی به دانش‌آموزان در محیط‌های چندوجهی تعاملی با مفروضه ظرفیت محدود CATLM (مورینو، 2005؛ مورینو و مهیر، 2007) سازگار است. تنظیم سرعت ارائه به یادگیرندگان مبتدی امکان می‌دهد تا از طریق کمینه‌سازی میزان اطلاعاتی که لازم است در حافظه کاری در زمان معین پردازش شود، میزان نگهداری بازنمایی را کاهش دهند. لذا هرچه میزان امکانات کنترل در فرایند آموزش بیشتر باشد، یادگیرندگان تمایل بیشتری برای استفاده از آنها خواهند داشت.

نتایج نشان داد که میزان متفاوت در استفاده از دکمه‌های کنترل بین یادگیرندگان در هیچ یک از اندازه‌های یادگیری (یعنی آزمون نگهداری و انتقال) تفاوت معناداری ایجاد نکرد. همانند شرکت‌کنندگان در مطالعه هسلر و همکاران (2007)، در این مطالعه یادگیرندگان از دکمه‌ها استفاده چندانی نکردند و در صورت استفاده نیز این فعالیت رفتاری را در موقعیت و مکان مناسب انجام ندادند. منظور از مکان و موقعیت مناسب این است که در نتیجه‌ی استفاده از کنترل سرعت، قطعات معنادار ایجاد گردد. فعالیت‌های رفتاری صحیح به نوبه خود باعث تسهیل یا راه اندازی فعالیت‌های شناختی و فراشناختی یادگیرنده می‌گردد (دومک، شوارتز، و پلاس، 2010). کنترل سرعت باعث می‌شود تا یادگیرنده بتواند سرعت انتقال اطلاعات را با نیازهای شناختی خود تنظیم کند. فعالیت‌های شناختی عملکردها و فرایندهایی در ذهن هستند که اطلاعات مربوط جدید را انتخاب می‌کنند، آنها را در قالب ساختارهایی منسجم سازمان می‌دهند و با دانش موجود یکپارچه می‌سازند (مورینو و مهیر، 2007). در سیستم آموزشی ما به دلیل اینکه یادگیرندگان از پایین ترین سطح مشارکت در یادگیری برخوردار هستند و از آنجا که این روش یادگیری در آنها نهادینه نشده است، لذا در طبقه بندی تجدید نظر شده حوزه شناختی بلوم (آندرسون، کراتول و همکاران، 2001) از سطح دانش فراتر نمی‌روند و نمی‌توانند فرایندهای شناختی را به خوبی انجام دهند. این موضوع یادگیری از طریق فناوری‌های چندرسانه‌ای را نیز در بر می‌گیرد.

نظام آموزشی از مهمترین عواملی است که سبک یادگیری در افراد را هدایت و تعیین می‌کند. در نظام آموزشی ما به طور عملی تأکید آموزشگران بر حفظ طوطی وار مطالب و عدم تمرکز بر یادگیری معنادار و ایجاد ساخت های معنادار ذهنی است. در پژوهش های آتی لازم است قبل از ارائه ی آزمون انتقال، یک نمونه ی حل شده از سئوالات انتقال برای همه یادگیرندگان توضیح داده شود تا با روش درست پاسخ به این نوع آزمون آشنا گردند.

منابع

- Anderson, L., Krathwol, P. W., & et. al. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Domagk, S., Schwartz, S. R., Plass, J. L. (2010). Interactivity in multimedia learning: An integrated model. *Computers in Human Behavior*, 26, 1024-1033.
- Hasler, B. S., Kersten, B., & Sweller, J. (2007). Learner control, cognitive load and instructional animation. *Applied Cognitive Psychology*, 21, 713- 729.
- Hassanabadi, H. R., Robotjazi, E. S., & Pakdaman, A. (2011). Cognitive consequences of segmentation and modality methods in learning from instructional animation. *Social and Behavioral Sciences*, 30, 1481- 1487.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., & Chandler, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Educational Psychology*, 9(3), 390-397.
- Moreno, R. (2005). Instructional technology: Promise and pitfalls. In L. PytlikZillig, M. Bodvarsson, & R. Bruning (Eds.), *Technology-based education: Bringing researchers and practitioners together* (pp 1-19). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2007). Interactive multimodal learning environments. *Educational Psychology Review*, 19, 309- 326.
- Pakdaman, A., Hassanabadi, H. R., & Fasihpour, Z. (2011). The modality effect in learner-paced multimedia learning. *Social and Behavioral Sciences*, 30, 1488-1493.
- Tabbers, H. K., & Koeijer, B. D. (2010). Learner control in animated multimedia instructions. *Instructional Science*, 38, 441- 453.
- Tabbers, H. K., Martens, R. L., & van Merrienboer, J. J. G. (2004). Multimedia instructions and cognitive load theory: Effects of modality and cueing. *British Journal of Educational Psychology*, 74, 71- 81.