دوفصلنامه مطالعات برنامه درسی آموزش عالی
سال ۳، شماره ۶، پاییز و زمستان ۱۳۹۱، ۴۶-۲۹

Journal of Higher Education Curriculum Studies Vol.3, No.6, 29- 46

تأثیر رعایت اصول طراحی آموزشی بر بارشناختی موضوعات یادگیری در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای

The Effectiveness of Instructional Design Principles (14 multimedia principles van Merriënboer and Kester) on Learning Issues Cognitive Load in Multimedia Learning environments

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۲/۸، **تاریخ ارزیابی**: ۱۳۹۱/۴/۱۱، **تاریخ پذیرش مقاله**: ۱۳۹۱/۶/۱۵

طاهر محبوبی[۱]، حسین زارع[۲]، محمدرضا سرمدی[۳]، هاشم فردانش[۴] و آوات فیضی[۵]

چکیده: هدف از پژوهش حاضر تعیین اثربخشی رعایت اصول طراحی آموزشی بر بارشناختی در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای می‌باشد. تحقیق حاضر شبه آزمایشی گروه‌های موازی با گروه کنترل می‌باشد. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه دانشجویان رشته علوم تربیتی دانشگاه پیام نور مرکز بوکان می باشد که تعداد آن‌ها ۵۴۰ می‌باشد. نمونه پژوهش شامل ۱۸۰ نفر (۱۱۰ مرد و ۷۰ زن) می‌باشد که در دو گروه آزمایش (۵۵ مرد و ۳۵ زن) و کنترل (۵۵ مرد و ۳۵ زن) به شیوه نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب شدند. ابزار پژوهش: رعایت اصول طراحی آموزشی از طریق نرم‌افزار مبتنی بر اصول چهارده‌گانه طراحی آموزشی ون مرینبور و کستر (۲۰۰۵) که روایی درونی (۰/۹۴) و بیرونی (۰/۸۱) آن از طریق پرسش‌نامه ۷۲ سؤالی محقق‌ساخته مورد بررسی قرار گرفت. اندازه‌گیری شد. و بار شناختی به‌وسیله مقیاس اندازه‌گیری ۹ درجه‌ای بارشناختی پاس و ون مرینبور (۱۹۹۴) و پاس و ون مرینبور و آدام (۱۹۹۴) که روایی درونی و روایی بیرونی آن به ترتیب ۰/۸۶ و۰/۸۳ بود، مورد بررسی قرار گرفت، نتیجه پژوهش نشان داد که اصول رعایت طراحی آموزشی بر کاهش بارشناختی گروه آزمایش نسبت به گروه گواه تاثیر معنی‌داری (P≤۰/۰۱) دارد.

کلید واژه‌ها: اصول طراحی آموزشی، بارشناختی، محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای

T. Mahboobi., (M.A)**., H. Zare,** (Ph.D) **M. R. Sarmadi,** (Ph.D) **H. FarDanesh,** (Ph.D) **& A. Feizi,** (Ph.D)

Abstract: The purpose of this study is to determine the effectiveness of instructional design principles (14 multimedia principles van Merriënboer and Kester) on learning issues Cognitive Load in multimedia learning environments. The present research, in kind, is comparative Plan of static groups. The Population of the research includes all the students of the educational science at Payam-e-Noor University, Boukan Branch, and the number of who are 540 persons. The sample of the research includes 180 persons (110 male and 70 female students); these are divided into testing group (55 male and 35 female) and control group (55 male and 35 female). They were chosen on the basis of simple random sampling. The means of the research: Instructional design principles of instructional design software based on 14 Principle of Multimedia by Van Merriënboer and Kester (2005) whose internal validity is .94 and its external validity is .81; these were achieved by a researcher –made questionnaire which includes 72 questions. The cognitive load was measured by a 9 grade scale of of Paas and Merrienboer (1994) and Paas and Merrienboer and Adam (1994) whose internal and external validities are .86 and .83 respectively. Results showed that compliance with the principles of instructional design is to reduce the load on cognitive tests than the control group a significant effect ($p \leq 0/01$).

Keywords: instructional design principles, Cognitive Load, multimedia learning environments

۱. دانشجوی دکترای برنامه‌ریزی آموزش از دور، عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور بوکان
m_taher858@yahoo.com
۲. دانشیار گروه روانشناسی، عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور
۳. دانشیار گروه روانشناسی، عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور
۵. دانشیار گروه تعلیم و تربیت، عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس
۶. استادیار گروه آمار، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی، اصفهان

مقدمه

یکی از گرایشاتی که در آموزش مدرن وجود دارد، استفاده از تکالیف یادگیری غنی در محیط‌های یادگیری پیچیده است (ون مرینبور، ۲۰۰۷، ون مرینبور و کستر[1]، ۲۰۰۷، ون مرینبور و دیگران، ۲۰۰۳). ظرفیت شناختی به‌ویژه برای نوآموزان، در یادگیری یک تکلیف شناختی پیچیده، یک عامل محدودکننده محسوب می‌گردد. تأثیرات نامطلوب بارشناختی بالا بر روی یادگیری در دامنه متنوعی از حوزه‌های شناختی نسبتاً پیچیده از قبیل ریاضیات (پاس[2]، ۱۹۹۲؛ سولر[3]، ۱۹۸۹؛ تارمیزی[4] و سولر، ۱۹۸۸)، برنامه‌ریزی کامپیوتری کنترل شده عددی (چندلر[5] و سولر، ۱۹۹۲؛ پاس و ون مرینبور، ۱۹۹۴؛ سولر و دیگران، ۱۹۹۰) و مهندسی برق (چندلر و سولر، ۱۹۹۱) و آمار (پاس و ون مرینبور، ۱۹۹۴) گزارش شده است. موضوعات در این حوزه، به‌طور عمده دارای یک ساختار هدف سلسله مراتبی است، یعنی هدف نهایی تنها از طریق تحقق موفقیت‌آمیز تمامی اهداف فرعی به‌دست می‌آید. نوآموزان اغلب در ابتدا نمی‌توانند خود را با این مسأله‌ها انطباق دهند، زیرا آن‌ها به‌دلیل حجم اطلاعات و این‌که استراتژی‌های حل مسأله ضعیف را برای حل آن‌ها اتخاذ می‌کنند، مستأصل و درمانده می‌شوند. نظریه بارشناختی (سولر، ۱۹۸۸، سولر و دیگران، ۱۹۹۸، ون مرینبور و سولر، ۲۰۰۵)، و ۱۴ اصل چندرسانه‌ای طراحی آموزشی محیط‌های چندرسانه‌ای (ون مرینبور و کریشنر، ۲۰۰۷، ون مرینبور و کستر، ۲۰۰۵)، رهنمودهایی را برای کاهش بارشناختی مرتبط با یادگیری از تکالیف غنی فراهم می‌آورد. نظریه بارشناختی مبتنی بر این فرض است که یادگیری بهینه در انسان وقتی اتفاق می‌افتد که بار وارده بر حافظه‌کاری در پایین‌ترین سطح است، به‌طوری که تغییرات در حافظه بلندمدت را تسهیل نماید (سولر، ۱۹۸۸). مقدار و میزان سهولت پردازش اطلاعات در حافظه‌کاری و ضرورت انطباق آموزش با محدودیت‌های سیستم شناختی یادگیرندگان دغدغه اصلی نظریه بارشناختی بوده است، که توسط جان سولر و همکاران او مطرح گردید (پاس و دیگران، a ۲۰۰۳، ۲۰۰۴، پاس و ونگوگ[6]، ۲۰۰۶، سولر، ۱۹۹۹، ۲۰۰۳، ۲۰۰۵، سولر و چندلر ۱۹۹۴، سولر و دیگران ۱۹۹۸). ادعای اصلی این نظریه این است که بدون دانش در مورد فرایندهای شناختی انسان، اثربخشی طراحی آموزشی، اتفاقی خواهد بود. نظریه بارشناختی سعی دارد که دانش مربوط به ساختار و کارکرد سیستم شناختی انسان را با اصول طراحی آموزشی یکپارچه سازد. بارشناختی،

1. Van Merriënboer & Kester
2. Paas
3. Sweller
4. Tarmizi
5. Chandler
6. Van Gog

نشان‌دهندهٔ باری است که انجام یک تکلیف خاص بر روی سیستم شناختی وارد می‌سازد (پاس و مرینبور، ۱۹۹۴a). بار حافظه‌کاری[1] تحت‌تأثیر ماهیت ذاتی آموزش (بارشناختی درونی) و شیوه ارائه آموزش (بارشناختی بیرونی و وابسته) قرار می‌گیرد. در ادامه (کریشنر[2]، ۲۰۰۲) شرح مختصری از هرکدام از این *سه جنبه بارشناختی*[3]، ارائه می‌شود. بارشناختی درونی سطح دشواری محتوای تکلیف بوده و طراحی آموزشی نمی‌تواند بر آن تأثیری داشته باشد. بارشناختی درونی باری است که از فکرکردن به تکلیف بر حافظه وارد می‌شود (چیپرفیلد[4]، ۲۰۰۴). بارشناختی بیرونی: این‌بار ناشی از طراحی آموزشی مورد استفاده و برای ارائه محتوا است (کریشنر و دیگران، ۲۰۰۶). بارشناختی وابسته: این بار به ظرفیت شناختی موردنیاز برای ساخت فعالانه دانش یا یکپارچه‌سازی طرحواره اشاره دارد (برونکن[5]، پاس و لیوتنر[6]، ۲۰۰۴). در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای جنبه‌های مهم از قبیل چارچوب‌های ارائه، فرایندهای ادراکی و هم‌چنین فرایندهای شناختی بالاتر موردتوجه هستند، که در حین تعامل یادگیرندگان با این محیط‌ها اتفاق می‌افتند (آینس ورث و ون لابگ[7]، ۲۰۰۴، مایر[8] ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، شونتز[9]، ۲۰۰۱، ۲۰۰۵). مایر و مورنو (۲۰۰۳) یادگیری چندرسانه‌ای را به‌عنوان یادگیری از واژگان و تصاویر، و آموزش چندرسانه‌ای را به‌عنوان ارائه واژگان و تصاویر با هدف تقویت یادگیری تعریف کرده‌اند.

به‌طور مختصر به مبانی تجربی تأثیر اصول طراحی بر بارشناختی اشاره می‌شود. برخی از محققان به این نتیجه دست یافته‌اند که دنبال کردن یک راه حل آماده در مثال حل شده، در مقایسه با یافتن راه‌حل توسط خود یادگیرنده برای مسأله مرسوم، بارشناختی پایین‌تری را بر حافظه کاری یادگیرنده تحمیل می‌کند (کوپر[10] و سولر، ۱۹۸۷، رنکل، ۱۹۹۹، ۲۰۰۲، سولر و چندلر، ۱۹۹۱، ۱۹۹۴، کوپر و دیگران، ۲۰۰۱، پاس و مرینبور، ۱۹۹۴a). پاس و ون مرینبور (۱۹۹۴)، یادگیری از مثال‌های حل شده، در مسأله‌های حسابی که در بافت‌هایی با تغییرپذیری بالا و پایین گنجانده شده بودند، مطالعه کردند. زمانی که تغییرپذیری بافت بالا باشد. نتایج یادگیری بهتر از زمانی می‌شود که، تغییرپذیری پایین است. پاس و مرینبور این نتایج یادگیری

1. Work memory
2. Kirschner
3. Cognitive load
4. Chipperfield
5. Brunken
6. Leutner
7. Ainsworth & Van Labeke
8. Mayer
9. Schnotz
10. Cooper

بهتر را به بار اضافی ناشی از تغییرپذیری بافت نسبت داده و آن را بار وابسته تلقی کردند. سطح بارشناختی از روی نتایج پس‌آزمون دانش استنباط می‌شود. سپس ادعا می‌شود که وقتی که نتایج در پس‌آزمون دانش پایین‌تر است، بارشناختی (آشکارا)، (بسیار) بالا (تر)، بوده است (مایر و دیگران، ۲۰۰۵، دیلو[1] و مایر، ۲۰۰۸، ص ۲۲۵). هم‌چنین ستال[2] و مایر (۲۰۰۷، ص ۸۰۸) اشاره کرده‌اند: «هرچند ما اندازه‌گیری مستقیمی از پردازش‌های مولد (زاینده) و بیرونی در طول یادگیری در این مطالعات نداریم، اما از عملکرد در آزمون انتقال به‌عنوان یک ابزار اندازه‌گیری غیرمستقیم استفاده می‌کنیم. به‌طور خلاصه عملکرد بالاتر در آزمون انتقال شاخصی از کم بودن پردازش بیرونی (بارشناختی پایین) و پردازش مولد بالاتر در طول یادگیری است». ویژگی‌های آزمودنی و زمان مطالعه در درون خود پژوهش‌های بارشناختی توسط ون مرینبور و آیرس[3] (۲۰۰۵) مورد توجه قرار گرفته است، و آن‌ها پیشنهاد کرده‌اند که دانش‌آموزان در کار بر روی تکالیف واقعی و با استفاده از زمان‌های مطالعه واقعی مورد پژوهش قرار گیرند. اصل وجهی در مجموعه گسترده‌ای از مطالعات مشاهده شده است، و این در مرورهای مختلف صورت گرفته در مورد این اصل مشهود است که رعایت این اصل بارشناختی را پایین می‌آورد (گینز[4]، ۲۰۰۵، مایر، ۲۰۰۱، مورنو[5]، ۲۰۰۶، کالیوگا[6] و دیگران، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، مایر ومورنو، ۱۹۹۸، مورنو و مایر a ۱۹۹۹، موسوی[7] و دیگران، ۱۹۹۵، مایر و دیگران ،۲۰۰۳). مسأله‌های کامل کردنی یک رویکرد آموزشی دیگر هستند که بارشناختی بیرونی را کاهش می‌دهند. مسأله‌های کامل‌کردنی به‌ویژه در زمینه‌هایی مانند طراحی نرم‌افزاری و طراحی مدارهای الکترونیکی مفید هستند. از سوی دیگر تکالیف کامل‌کردنی با فراهم کردن مثال‌های ناقص (ون مرینبور، کریشنر و کستر، ۲۰۰۳)، همانند مثال‌های حل شده بار بیرونی را کاهش می‌دهند. مطالعات، برتری مسأله‌های کامل‌کردنی را بر مسأله‌های مرسوم نشان داده‌اند (پاس، ۱۹۹۲، ون مرینبور، ۱۹۹۰، ون مرینبور و دی‌کروک[8]، ۱۹۹۲). مطالعه صورت گرفته توسط کالیوگا، چندلر و سولر (۱۹۹۹)، تابرز[9]، مارتنز[10]، و ون مرینبور، (۲۰۰۴) برتری استفاده از ارائه شنیداری به همراه نمودار بر ارائه دیداری

1. DeLeeuw
2 . Stull
3. Ayres
4. Ginns
5. Moreno
6. Kalyuga
7. Mousavi
8. De Croock
9. Tabbers
10. Martens

صرف را به تأیید رساندند. تأثیر دو نیم شدن توجه زمانی اتفاق می‌افتدکه توجه یادگیرندگان باید میان بیش از دو منبع مختلف تقسیم شود و آن‌ها را به‌منظور درک مطالب یکپارچه نماید، پیشگیری از دو نیمه شدن توجه باعث کاهش بارشناختی می‌شود (یونگ[1]، جین[2]، سولر، ۱۹۹۸). مشاهده شده است که این مسأله از مشکلات عمده در برخی از طرح‌های آموزشی است که باعث بروز تداخل در یادگیری مؤثر می‌شود (چندلر، سولر، ۱۹۹۲، ۱۹۹۱، سولر و چندلر، ۱۹۹۴، ۱۹۹۱) در نتیجه دو نیمه شدن توجه، بارشناختی افزایش یافته و یادگیری تضعیف می‌شود. در صورتی که منابع اطلاعات خود بسنده باشند (مثلاً نموداری که به‌طور مستقل قابل درک است)، متنی که صرفاً به توصیف اطلاعات موجود در نمودار اختصاص داشته باشد، زاید (اطلاعات حشو) خواهد بود. در چنین وضعیتی اطلاعات متنی زاید، بارشناختی مضاعفی را تحمیل می‌کند. بر عکس، حذف منابع اطلاعات زاید به نفع یادگیری خواهد بود (چندلر و سولر، ۱۹۹۱، کالیوگا، چندلر و سولر، ۱۹۹۹). اخیراً مطالعه‌ای با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری در مورد قانون گاز ایده‌آل نشان داد که بار درونی می‌تواند از طریق ارائه محتوا به‌صورت مجزا در دو صفحه متفاوت متوالی بر روی کامپیوتر کاهش پیدا کند (لی، پلاس، هومر[3]، ۲۰۰۶). مک دانیل و دونلی[4] (۱۹۹۶) در تحقیق خود دریافتند روش پرسیدن به عینیت بیشتر و تحقق یادگیری می‌انجامد. به‌بیان دقیق‌تر، افزودن پرسش، به‌کارگرفتن دانش جدید را بهبود بخشید، هم‌چنین در تحقیقی دیگر، تعدادی از مطالعات جمع‌بندی شد و این نتیجه حاصل گشت که فراگیران تعلیم دیده سؤال‌هایی طرح می‌کنند تا درکشان را از محتوای متن افزایش دهند (روزنشاین، میستر و چاپمن[5]، ۱۹۹۶). در تحقیقی خود توضیحی دانشجویان وقتی که مشغول خواندن مسائل حل شدهٔ فیزیک بودند، با هم مقایسه شدند. دانشجویانی که خودتوضیحی بیشتری داشتند، ۸۶ درصد مسائل را درست پاسخ دادند، در حالی‌که دانشجویانی که خودتوضیحی معدودی داشتند، توانستند تنها به ۴۲ درصد مسائل پاسخ صحیح دهند (چی[6]، ۲۰۰۰؛ چی و دیگران، ۱۹۸۹؛ چی و دیگران۱۹۹۴). هم‌چنین از محدودیت‌های مطالعات انجام شده در گذشته این است که تمام آن‌ها با آموزش‌های چندرسانه‌ای کوتاه در مورد موضوعات فنی خوب تعریف شده از قبیل هندسه (موسوی و دیگران، ۱۹۹۵؛ جیونگ و دیگران، ۱۹۹۷)؛ تبیین‌های علمی نحوه شکل‌گیری صاعقه (مایر و مورنو، ۱۹۹۸؛ مورنو و مایر، ۱۹۹۹) و مهندسی برق (کالیوگا و دیگران، ۱۹۹۹؛ تیندال-

1. Yeung
2. Jin
3. Lee, Plass & Homer
4. McDaniel & Donnelly
5. Rosenshine, Meister & Chapman
6. Chi

فورد[1] و دیگران، ۱۹۹۷) پرداخته‌اند. این نکته باعث طرح این سؤال می‌شود که آیا می‌توان آن را در آموزش‌های چندرسانه‌ای خارج از حوزه فنی و طولانی‌تر نیز نشان داد؟ به همین خاطر، محقق در این پژوهش درس آمار را به‌عنوان محتوای مورد آموزش به گروه گواه و آزمایش انتخاب کرده است. چون این درس هم از یک ساختار سلسله مراتبی برخوردار است و خارج از حوزه‌های فنی است. با توجه به توضیحات مذکور و این‌که بسیار دیده شده که موضوعات آموزشی اضافه بارشناختی به فراگیران تحمیل می‌کنند مانع از یادگیری شناختی آن‌ها شده است و از آن‌جا که یکی از راه‌های برداشتن این اضافه بارشناختی الگوی طراحی آموزشی مبتنی بر اصول چهارده‌گانه می‌باشد، لذا مسأله اصلی در این پژوهش این است که آیا رعایت این اصول باعث کاهش بارشناختی موضوعات یادگیری در محیط‌های چندرسانه‌ای می‌شود؟

روش پژوهش

تحقیق حاضر شبه- آزمایشی گروه‌های موازی با گروه کنترل می‌باشد. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه دانشجویان رشته علوم تربیتی دانشگاه پیام نور مرکز بوکان می‌باشد که تعداد آن‌ها ۵۴۰ است. نمونه پژوهش شامل ۱۸۰ نفر (۱۱۰ مرد و ۷۰ زن) می‌باشد که در دو گروه آزمایش (۵۵ مرد و ۳۵ زن) و کنترل (۵۵ مرد و ۳۵ زن) به شیوه نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب شدند. ابزار پژوهش شامل مقیاس اندازه‌گیری بارشناختی (پاس و ون مرینبور، ۱۹۹۴؛ پاس و ون مرینبور و آدام، ۱۹۹۴) می‌باشد، که در مقیای لیکرتی ۹ درجه‌ای تهیه شده است.

شیوه گردآوری اطلاعات

در پژوهش حاضر آموزش چندرسانه‌ای (مبتنی بر وب) درس آمار براساس مدل طراحی آموزشی اصول چهارده‌گانه ون مرینبور و کستر (۲۰۰۵) تهیه شده است که عبارتند از: ۱- اصل توالی یا تسلسل[2]: (ارائه مطالب از ساده به پیچیده)، ۲- اصل انسجام[3]: (حذف مطالب جذاب اما نامرتبط از قبیل موسیقی پس زمینه، کلیپ‌های ویدئویی و ... موجب یادگیری بهتر می‌شود) ۳- اصل تغییرپذیری[4]: (تکالیف یادگیری به اندازه کافی از یکدیگر متفاوت باشند)، ۴- اصل شخصی‌سازی[5] (انتخاب تکالیف یادگیری براساس ویژگی‌های فردی یادگیرنده)، ۵- اصل مثال-

1. Tindall-Ford
2. Sequencing principle
3. Coherence principle
4. Variability principle
5. Individualization principle

های حل شده[1]: (ارائه مثال‌های حل شده به همراه راه‌حل آن‌ها)، ۶- اصل استراتژی تکمیل[2]: (ارائه تکالیف کامل کردنی که بخشی از راه‌حل را به یادگیرندگان ارائه می‌دهند تا آن‌ها را تکمیل کنند)، ۷- اصل حشو[3]: (ارائه اطلاعات زاید «غیرضروری اضافی» به یادگیرندگان)، ۸- اصل خودتوضیحی[4]: (یادگیرنده گام‌های یک راه‌حل را از طریق مثال‌های حل شده برای خود توضیح می‌دهد)، ۹- اصل خود- سرعتی[5]: (واگذار کردن سرعت آموزش به یادگیرنده)، ۱۰- اصل توجه دو نیمه زمانی[6]: (ارائه اطلاعات به‌صورت همزمان و نه در دو زمان مختلف مثلاً ارائه همزمان انیمیشن با روایت)، ۱۱- اصل توجه دو نیمه فضایی[7]: (ترکیب کردن منابع اطلاعاتی مختلف در یک منبع یکپارچه)، ۱۲- اصل علامت‌دهی[8]: (متمرکز کردن توجه یادگیرنده بر روی جنبه‌های اساسی تکلیف یادگیری از طریق برجسته کردن بخشی از تصویر)، ۱۳- اصل وجهی[9] (ارائه دوحالته متن شنیداری و روایت برای نمودارها در مقایسه با ارائه تک‌حالته فقط بصری یادگیری بهتری را به‌دنبال دارد)، ۱۴-اصل سیالیت مؤلفه[10] (عنصر): (تمرین و تکرار بر روی یک یا چند جنبه از تکلیف یادگیری). این مدل یک استراتژی طراحی را برای آموزش مهارت‌های شناختی پیچیده توصیف می‌کند. سی‌دی‌های آموزشی (وب سایت آموزشی) با یک مقدمه متنی کوتاه جهت آشنایی با این مدل شروع می‌شود. در ادامه محتوای طراحی شده مبتنی بر اصول چهارده‌گانه به چهار واحد آموزشی کوچک تقسیم، به‌گونه‌ای که هرکدام از واحدهای آموزشی کوچک به یک بخش خاص از محتوا اختصاص داده می‌شود. مدت زمان اختصاص‌یافته برای مطالعه هر چهار واحد آموزشی کوچک حدود ۴۰ دقیقه بود. البته توضیحات فوق در مورد گروه گواه به‌وسیله سی‌دی طراحی شده بدون توجه به اصول چهارده‌گانه طراحی آموزشی نیز اجرا شده است. پس از هر واحد آموزشی کوچک یک صفحه مجزا به همراه یک مقیاس درجه‌بندی ۹ نمره‌ای (۱ تا ۹) ارائه می‌شد، که دانشجویان میزان تلاش ذهنی خود را در مورد آن واحد آموزشی کوچک درس آمار درجه‌بندی کردند. زمانی که دانشجویان بر روی یکی از این ۹ درجه

1. worked examples principle
2. Completion-strategy principle
3. Redundancy principle
4. Self-explanation principle
5. Self-pacing principle
6. Temporal split-attention principle
7. Spatial split-attention principle
8. Signaling principle
9. Modality principle
10. Component-fluency principle

کلیک می‌کردند، برنامه به‌صورت خودکار با نمایش واحد آموزشی کوچک بعدی ادامه پیدا می-کرد. در پایان، هرکدام از نمره‌های انتخاب شده مقیاس ۹گانه توسط دانشجو در مراحل چهارگانه محتوای طراحی شده، با هم جمع می‌شوند که میانگین بارشناختی چهارمرحله به‌عنوان برآوردی از تلاش ذهنی صرف شده دانشجو در جریان آموزش محتوای آموزشی منظور شد. آزمایش در ۸ جلسه حدوداً ۱ ساعته انجام شد، که در هر جلسه بین ۱ تا ۲۰ نفر دانشجو به‌صورت همزمان مورد ارزیابی قرار گرفتند. این جلسات در آزمایشگاه چندرسانه‌ای که دارای ۲۰ سیستم کامپیوتری و وصل به شبکه دانشگاه، برگزار شد. زمانی که دانشجویان وارد سایت کامپیوتر می‌شدند به‌صورت تصادفی هرکدام برای استفاده از یکی از سیستم‌ها تقسیم‌بندی شدند.

ویژگی‌های فنی ابزارها: با توجه به مرور متون و کسب راهنمایی از متخصصین سنجش و آمار، نسبت به محتوای آموزشی و سؤالاتی که سطح آگاهی افراد را راجع به محتوای آموزشی می-سنجیدند، طراحی گردیدند. بعد از مطالعه و بازبینی محتوا و سؤالات توسط متخصصین، اصلاحات لازم انجام شد و روایی صوری و محتوایی، محتوا و سؤالات محتوای مورد آموزش مورد تأیید صاحب‌نظران حوزه‌های یاد شده قرار گرفت.

ادعاهای پاس و دیگران (b ۲۰۰۳) بر کارهای پاس و دیگران (۱۹۹۴) مبتنی هستند که تحلیلی از روایی و حساسیت روش‌های درجه‌بندی ذهنی ارائه کردند، که در دو مطالعه، پاس (۱۹۹۲) و پاس و مرینبور (b ۱۹۹۴) میزان آلفای کرونباخ مقیاس اندازه‌گیری بارشناختی ۹۰ درصد و ۸۲ درصد گزارش شده است. در تحقیق حاضر روایی درونی مقیاس بار شناختی از طریق آلفای کرونباخ ۰/۸۶ به‌دست آمد. هم‌چنین برای سنجش روایی بیرونی مقیاس بار شناختی از روش بازآزمایی استفاده شد. بدین صورت که قبل از اجرایی کار اصلی، ۳۰ نفر آموزش داده شد و در جریان آموزش پرسش‌نامه مربوط به مقیاس بارشناختی در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت. و بعد از ۱۵ روز همان گروه مجدداً آموزش داده شدند و به همان ترتیب دوباره پرسشنامه مربوط مقیاس بارشناختی در جریان آموزش در اختیار آن‌ها قرار گرفت. ضریب همبستگی به‌دست آمده از اعتبار بازآزمایی ۰/۸۳ می‌باشد.

روایی صوری و محتوایی نرم‌افزار تهیه شده براساس اصول چهارده‌گانه نیز به‌وسیله طراحی یک پرسشنامه ۷۲ سؤالی توسط محقق مورد بررسی قرار گرفت بدین صورت که ابتدا نرم‌افزار آموزشی به‌وسیله خود محقق و متخصصین نرم‌افزاری براساس ۱۴ اصل ساخته شد و نرم‌افزار آموزشی به‌همراه پرسشنامه ۷۲ سؤالی طراحی شده براساس ۱۴ اصل به متخصصین سنجش و چندرسانه تحویل داده شد تا سوالات و نرم‌افزار را از لحاظ روایی صوری و محتوای بررسی کنند که بعد از یک سری اصلاحات، روایی صوری و محتوایی نرم‌افزار و پرسش‌نامه مورد تأیید صاحب-نظران حوزه‌های یاد شده قرار گرفت.

روایی درونی پرسشنامه ساخته شده براساس اصول چهارده‌گانه به‌کار برده شده در نرم‌افزار آموزشی از طریق آلفای کرونباخ ۰/۹۴ به‌دست آمد. که این نشان‌دهنده اعتبار بالای نرم‌افزار آموزشی چندرسانه‌ای طراحی شده می‌باشد. هم‌چنین برای سنجش روایی بیرونی پرسش‌نامه مربوط به نرم‌افزار از روش بازآزمایی استفاده شد. بدین صورت که قبل از اجرایی کار اصلی، از طریق نرم‌افزار آموزشی مبتنی بر ۱۴ اصل، ۳۰ نفر آموزش داده شد و در پایان آموزش پرسشنامه مربوط به نرم‌افزار در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت. و بعد از ۱۵ روز همان گروه دوباره از طریق نرم‌افزار آموزشی مبتنی بر ۱۴ اصل مجدداً آموزش داده شدند و به همان ترتیب دوباره پرسشنامه مربوط به نرم‌افزار در اختیار آن‌ها قرار گرفت. ضریب همبستگی به‌دست آمده از اعتبار بازآزمایی ۰/۸۱ می‌باشد. برای تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی (فراوانی، میانگین و انحراف استاندارد) و آمار تحلیلی (آزمون t مستقل و تحلیل واریانس یک طرفه) استفاده شده است.

یافته‌ها

برای تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی (فراوانی، میانگین و انحراف استاندارد) و آمار تحلیلی (آزمون t مستقل و تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی بانفرونی) استفاده شده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد بارشناختی در دو گروه کنترل و آزمایش

متغیر	گروه	میانگین	انحراف استاندارد
بارشناختی	آزمایش	۹/۶۲	۲/۳۶
	کنترل	۱۶/۹۷	۴/۲۱

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار متغیر بارشناختی در دو گروه مورد بررسی به تفکیک جنسیت

متغیر	جنسیت	گروه	میانگین	انحراف استاندارد
بارشناختی	مرد	آزمایش	۱۰/۲۰	۲/۸۱
	زن	آزمایش	۹/۲۵	۱/۹۵
	مرد	کنترل	۱۵/۹۷	۴/۴۹
	زن	کنترل	۱۷/۶۱	۳/۵۷

جدول ۳. مستقل بین دو گروه آزمایش و کنترل در متغیر بارشناختی

بارشناختی	آزمون لون برابری واریانس ها		t برای تساوی میانگین ها			
	F	سطح معناداری	t	درجات آزادی	سطح معناداری	تفاوت میانگین ها
فرض برابری واریانس	۲۳/۰۳	۰/۰۰۱	-۱۴/۴۲	۱۷۸	۰/۰۰۱	-۷/۳۵
فرض نابرابری واریانس ها			-۱۴/۴۲	۱۳۹/۷۳	۰/۰۰۱	-۷/۳۵

همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است آزمون لون معنی‌داری برابری واریانس‌ها را نشان می‌دهد. هم‌چنین نشان می‌دهد که رعایت اصول طراحی آموزشی بر بارشناختی بین گروه کنترل و آزمایش متفاوت است ($P\leq ۰/۰۱$). این بدین معنی است که رعایت اصول طراحی آموزشی بر روی کاهش بارشناختی در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل تاثیر دارد.

جدول ۴. تحلیل واریانس یک‌راهه در متغیر بارشناختی بین زنان و مردان گروه آزمایش و کنترل

بارشناختی	مجموع مجذورات	درجات آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری
بین گروهی	۲۵۱۰/۱۲	۳	۸۳۶/۷۰	۷۳/۵۲	$P\leq ۰/۰۱$
درون گروهی	۲۰۰۲/۸۸	۱۷۶	۱۱/۳۸		
کل	۴۵۱۳/۰۱	۱۷۹			

جدول تحلیل واریانس یک‌راهه نشان می‌دهد که رعایت اصول طراحی آموزشی بر بارشناختی در زنان و مردان گروه آزمایش و کنترل $P\leq ۰/۰۱$ اثر معناداری دارد. برای نشان دادن این‌که بین کدام گروه زن و مرد تفاوت معنادار وجود دارد، از آزمون تعقیبی تصحیح بانفرونی استفاده می‌کنیم.

جدول ۵. نتیجه آزمون بانفرونی برای مقایسه دو به دوی گروه‌ها بر حسب نمره بارشناختی

متغیر	گروه ۱	گروه ۲	تفاوت میانگین دو گروه	خطای انحراف استاندارد	سطح معناداری
بارشناختی	مرد آزمایش	زن آزمایش	۰/۹۸	۰/۷۳	۱
		مرد کنترل	-۵/۷۵	۰/۸۱	۰/۰۰
		زن کنترل	-۷/۳۹	۰/۷۳	۰/۰۰
	زن آزمایش	مرد آزمایش	-۰/۹۸	۰/۷۳	۱
		مرد کنترل	-۶/۷۴	۰/۷۳	۰/۰۰
		زن کنترل	-۸/۳۸	۰/۶۴	۰/۰۰
	مرد کنترل	مرد آزمایش	۵/۷۵	۰/۸۱	۰/۰۰
		زن آزمایش	۶/۷۴	۰/۷۳	۰/۰۰
		زن کنترل	-۱/۶۴	۰/۷۳	۰/۱۵
	زن کنترل	مرد آزمایش	۷/۳۹	۰/۷۳	۰/۰۰
		زن آزمایش	۸/۳۸	۰/۶۴	۰/۰۰
		مرد کنترل	۱/۶۴	۰/۷۳	۰/۱۵

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌کنید بین دو گروه زنان و مردان گروه آزمایش در متغیر بارشناختی تفاوت معنادار به‌دست نیامده است و این نشان‌دهنده این است که رعایت اصول طراحی آموزشی تاثیر یکسانی روی کاهش بارشناختی زنان و مردان گروه آزمایش گذاشته است. اما بین مردان گروه آزمایش با مردان گروه کنترل و زنان گروه کنترل تفاوت معناداری در سطح ($P\leq ۰/۰۱$) در متغیر بارشناختی به‌دست آمده است. این نشان‌دهنده این مطلب است که رعایت اصول طراحی آموزشی تاثیر زیادی روی گروه مردان گروه آزمایش نسبت به زنان و مردان گروه کنترل دارد. هم‌چنین بین زنان گروه آزمایش با زنان و مردان گروه کنترل در بارشناختی تفاوت معناداری در سطح ($P\leq ۰/۰۱$) به‌دست آمد. اما بین گروه زنان و مردان گروه کنترل در بارشناختی تفاوت معناداری به‌دست نیامد، چون هر دو گروه رعایت اصول طراحی اموزشی را به‌طور منظم دریافت نکردند.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که رعایت اصول طراحی آموزشی بر بارشناختی در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای تاثیر معنی‌داری دارد. پس از اجرای منظم اصول طراحی آموزشی (۱۴ اصل) بر روی گروه آزمایش، کاهش معنی‌داری در بارشناختی نسبت به گروه کنترل مشاهده شد، که با نتایج تحقیقات کوپر وسولر (۱۹۸۷)، رنکل (۲۰۰۲،۱۹۹۹)، ۱۹۹۹، سولر و چندلر (۱۹۹۴۱،۱۹۹۱)، کوپر و دیگران (۲۰۰۱)، پاس و مرینبور (۱۹۹۴a)، مایر و دیگران (۲۰۰۵)، دیلو و مایر (۲۰۰۸)، ستال و مایر (۲۰۰۷)، ون مرینبور و آیرس (۲۰۰۵)، گینز (۲۰۰۵)، مورنو (۲۰۰۶)، مایر و دیگران (۲۰۰۳)، ون مرینبور ، کریشنر و کستر (۲۰۰۳)، پاس (۱۹۹۲)، کالیوگا، چندلر و سولر (۱۹۹۹)، تابرز، مارتنز، و ون مرینبور، (۲۰۰۴)، (یونگ، جین، سولر، ۱۹۹۸)، سولر و چندلر (۱۹۹۴)، لی، پلاس، هومر (۲۰۰۶)، روزنشاین، میستر و چاپمن (۱۹۹۶)، موسوی و دیگران (۱۹۹۵) همسو است. در توجیه این مطلب که چگونه رعایت اصول طراحی آموزشی باعث کاهش بارشناختی می‌شود، می‌توان گفت: براساس تحقیقات (صورت گرفته در علوم شناختی، سه مفروضه در مورد نحوهٔ کار ذهن انسان وجود دارد که این سه مفروضه عبارتند از: مفروضه کانال دوگانه، مفروضه ظرفیت محدود و مفروضه پردازش فعال. نخست، طبق تئوری کدگذاری دوگانه، پای‌ویو (۱۹۸۶)، و نظریه حافظه کاری بدلی (۱۹۹۸) سیستم پردازش اطلاعات انسان متشکل از دو کانال مجزا یعنی یک کانال شنیداری/کلامی برای پردازش در روند شنیداری و بازنمایی‌های کلامی و یک کانال دیداری/تصویری برای پردازش درون داد دیداری و بازنمایی‌های تصویری است. پس نتیجه می‌گیریم طبق اصول طراحی آموزشی ارائه اطلاعات به یادگیرنده از طریق کانال دوگانه، به جای یک کانال موجیب کاهش بارشناختی می‌شود. ثانیاً، طبق نظریه بارشناختی چندلر وسولر (۱۹۹۱)، سولر (۱۹۹۹) و نظریه حافظه کاری بدلی (۱۹۹۸)، هر کانال در سیستم پردازش اطلاعات انسان ظرفیت محدودی دارد، فقط حجم محدودی از پردازش شناختی می‌تواند در هر زمان در کانال کلامی اتفاق بیفتد، و فقط حجم محدودی از پردازش شناختی می‌تواند در یک زمان در کانال دیداری روی دهد، پس رعایت اصول طراحی آموزشی ظرفیت محدود حافظه کاری برای پردازش شناختی را مدیریت می‌کند. ثالثاً، یادگیری معنی‌دار مستلزم حجم قابل توجهی از پردازش شناختی در کانال‌های کلامی و دیداری است. این مفروضه اساس نظریه یادگیری زایش ویتروک (۱۹۸۹) و نظریه انتخاب ـ سازماندهی ـ یکپارچه‌سازی یادگیری فعال مایر (۱۹۹۹، ۲۰۰۲)، می‌باشد. این فرایندها شامل توجه به مطالب ارائه شده، سازماندهی ذهنی مطالب ارائه شده در یک ساختار منسجم و یکپارچه‌سازی اطلاعات ارائه شده با دانش موجود است. در یک موقعیت یادگیری چندرسانه‌ای که در آن واژگان و تصاویر به یادگیرنده ارائه می‌شوند یک مشکل بالقوه آن است که، مطالبات پردازشی ناشی از تکلیف

یادگیری از ظرفیت پردازشی سیستم شناختی فراتر می‌روند، حالتی که آن را اضافه بارشناختی می‌نامیم. که مطالبات شناختی شامل پردازش ضروری (هدف آن درک مطالبه ارائه شده از جمله انتخاب، سازماندهی، و یکپارچه‌سازی واژگان و انتخاب، سازماندهی و یکپارچه‌سازی تصاویر است)، پردازش جانبی (هدف آن جنبه‌های غیرضروری مطالب ارائه شده است) و نگهداری بازنمایی (هدف آن نگه‌داری بازنمایی کلامی یا دیداری در حافظه‌کاری است) می‌باشد. اضافه بار شناختی زمانی اتفاق می‌افتد که مجموع کل پردازش‌ها از ظرفیت شناختی یادگیرنده فراتر رود، رعایت اصول طراحی آموزشی در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای موجب کاهش بارشناختی از طریق توزیع مجدد پردازش ضروری، کاهش پردازش جانبی یا کاهش نگهداری بازنمایی است. (مایر و مورنو، ۱۹۹۸، آزمایشات ۱ و ۲، مورنو و مایر، ۱۹۹۹، آزمایشات ۲ و ۱، مورنو، مایر، اسپیرز، ۲۰۰۱، آزمایشات ۵ و ۴). تحقیقی را برای برداشتن باراضافی در زمانی که یک کانال به واسطه مطالبات پردازش ضروری دچار اضافه بار شده بود، انجام دادند. که به شرح زیر است. یک دانش‌آموز علاقه‌مند به درک نحوۀ کارکرد رعد و برق است، او به یک دایره‌المعارف چندرسانه‌ای مراجعه کرده و بر روی مدخل رعد و برق کلیک می‌کند. یک انیمیشن دو دقیقه‌ای بر روی صفحه مانیتور ظاهر می‌شود که گام‌های شکل‌گیری رعد و برق را به‌همراه یک متن همزمان که به توصیف گام‌های شکل‌گیری رعد و برق می‌پردازد، نمایش می‌دهد. متن در پایین صفحه مانیتور ظاهر می‌شود، بنابراین وقتی که او متن را می‌خواند نمی‌تواند انیمیشن را ببیند و وقتی که انیمیشن را تماشا می‌کند، نمی‌تواند متن را بخواند. این موقعیت موجب خلق چیزی می‌شود که سولر (۱۹۹۹) آن‌را تأثیر توجه دونیمه نامیده است. زیرا توجه دیداری یادگیرنده بین تماشای انیمیشن و خواندن متن روی صفحه مانیتور دونیمه می‌شود. به ترتیبی که، چشم‌ها اطلاعات هم‌زمان قابل‌توجهی دریافت می‌کنند، اما فقط بخشی از آن اطلاعات می‌تواند برای پردازش بیشتر در حافظه کاری انتخاب شود. یک راه‌حل برای این مشکل این است که واژگان به‌صورت روایت ارائه شوند. به این ترتیب، واژگان ـ حداقل در ابتدا ـ در کانال کلامی پردازش می‌شوند، در حالی‌که انیمیشن در کانال دیداری پردازش می‌گردد. مطالبات پردازشی وارده بر کانال دیداری از این طریق کاهش می‌یابد، به‌طوری که یادگیرنده بهتر می‌تواند جنبه‌های مهم انیمیشن را برای پردازش بیشتر انتخاب نماید. مطالبات پردازشی وارده بر کانال کلامی نیز متوسط است، به‌طوری که یادگیرنده بهتر می‌تواند جنبه‌های مهم روایت را برای پردازش بیشتر انتخاب کند و به‌طور خلاصه، استفاده از انیمیشن توأم با روایت، نشانگر روشی برای برداشتن بار (یا هدایت مجدد)، برخی از مطالبات پردازشی از کانال دیداری به سمت کانال کلامی می‌باشد. پس نتیجه می‌گیریم که ارائه توضیحات علمی به‌صورت انیمیشن و روایت به دانشجویان در

مقایسه با زمانی که این توضیحات به‌صورت انیمیشن و متن روی صفحه نمایش به آن‌ها ارائه شده است، عملکرد بهتری را در زمینه آزمون‌های انتقال حل مسأله از خود نشان دادند. تأثیر مشابهی توسط موسوی، لاو و سولر (۱۹۹۵) در یک محیط چندرسانه‌ای مبتنی بر کتاب گزارش شد. قاطعیت تأثیر وجهی شواهد نیرومندی را در حمایت از کارآمدی برداشتن بار به‌عنوان روشی جهت کاهش بارشناختی فراهم می‌کند. نظریه بارشناختی چه چیزی را با خود به حوزه طراحی آموزشی آورده است؟ سه پیشنهاد اصلی که از نظریه بارشناختی برمی‌آیند عبارتند از: مطالبی را ارائه دهید که با دانش قبلی یادگیرنده هم راستا هستند (بار درونی)، از اطلاعات غیرضروری یا گیج‌کننده اجتناب کنید (بار بیرونی)، و فرایندهایی را برانگیزید که به دانش عمیق و غنی و از لحاظ مفهومی منجر می‌شوند (بار وابسته). این اصول طراحی مدت‌های طولانی در طراحی آموزشی وجود داشته‌اند (دیک و کاری[1]، ۱۹۹۰، گاگنه و دیگران[2]، ۱۹۸۸، ریگلوث[3]، ۱۹۸۳).

منابع

Ainsworth, S., & Van Labeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. Learning and Instruction, 14(3), 241–255.

Baddeley, A. (1998). Human memory. Boston: Allyn & Bacon.

Brunken, R., Plass, J. L. & Leutner, D. (2004). Assessment of cognitive load in Multimedia Learning with Dual task Methodology: Auditory Load and Modality Effects: Instructional Science 32, 115 -132.

Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. Cognition and Instruction, 8, 293-332.

Chandler, P. & Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. British Journal of Educational Psychology, 62, 233-246.

Chi, M. T. H., De Leeuw, N., Chiu, M., and LaVancher. C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. . *Cognitive Science*, 18,439-477.

Chi, M. T.H. (2000). Self-explaning expository texts: The dual processes of generating inferences and repairing mental models. In R. Glaser (Ed). *Advances in instructional psychology: educational design and cognitive science*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Chi, M. T.H., Bassok, M., Lewis, M. W, Reimann, P., and Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.

Chipperfield, B. (2004). Cognitive load Theory and Instructional Design, University of Saskatchewan. Retrieved May 25, 2007, from

[1]. Dick& Carey
[2]. Gagne., Briggs & Wager
[3]. Reigeluth

Cooper, G., & Sweller, J. (1987). The effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer. Journal of Educational Psychology,79, 347–362.
Cooper, G., Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (2001). Learning by imagining. Learning of Experimental Psychology: Applied, 7, 68–82.
DeLeeuw, K. E., & Mayer, R. E. (2008). A comparison of three measures of cognitive load: Evidence for separable measures of intrinsic, extraneous, and germane load. Journal of Educational Psychology, 100, 223–234.
Dick, W., & Carey, L. (1990). The systematic design of instruction (3rd ed.). New York: Harper Collins College Publishers.
Gagne´, R. M., Briggs, L. J., & Wager, W. W. (1988). Principles of instructional design (3rd ed.). Fort Worth, TX: Harcourt Brace Jovanovich.
Ginns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. Learning and Instruction, 15, 313–331.
Jeung, H., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). The role of visual indicators in dual sensory mode instruction. Educational Psychology, 17, 329-343.
Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. Applied Cognitive Psychology, 13, 351–371.
Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. Applied cognitive psychology, 13, 351-371.
Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (2000). Incorporating learner experience into the design of multimedia instruction. *Journal of Educational Psychology*, 92, 126–136.
Kirschner, P. (2002). Cognitive load Theory: implications of cognitive load Theory on the design of learning, Learning and Instruction, 12, 1-10.
Kirschner, P.A., Sweller, J. and Clark, R. E. (2006). "Why minimal guidance during instruction dose not work: an analysis of the failure of constructivitst, discovery". Problem-based, Experientail and inquiry based teaching educational psychologist. 41(2): PP:75-86.
Lee, H., Plass, J. L., & Homer, B. D. (2006). Optimizing cognitive load for learning from computer-based science simulations. *Journal of Educational Psychology*, 98, 902-913.
Mayer, R. E. (1999). The promise of educational psychology: Vol. 1, Learning in the content areas. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
Mayer, R. E. (2001). Multimedia learning. New York: Cambridge University Press.
Mayer, R. E. (2002). The promise of educational psychology: Vol. 2, Teaching for meaningful learning. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
Mayer, R. E. (2005). The cambridge handbook of multimedia learning. Cambridge: Cambridge University Press.
Mayer, R. E., & Moreno, R. (1998). A split-attention effect in multimedia learning: Evidence for dual processing systems in working memory. *Journal of Educational Psychology*, 90, 312–320.
Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. Educational Psychologist, 38, 43-52.

Mayer, R. E., Dow, G. T., & Mayer, S. (2003). Multimedia learning in an interactive self-explaining environment: What works in the design of agent-based microworlds. Journal of Educational Psychology, 95, 806–813.
Mayer, R. E., Hegarty, M., Mayer, S., & Campbell, J. (2005). When static media promote active learning: Annotated illustrations versus narrated animations in multimedia instruction. Journal of Experimental Psychology: Applied, 11, 256–265.
McDaniel, M.A., and Donnelly, M.C. (1996). Learning with analogy and elaborative interrogation.*Journal of educational Psychology*, 88, 508-519.
Moreno, R. (2006). Does the modality principle hold for different media? A test of the method-affectslearning hypothesis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22, 149–158.
Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999a). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. Journal of Educational Psychology, 91, 358–368.
Moreno, R., Mayer, R. E., Spires, H. A., (2001). The case for social agency in computer-based multimedia learning: Do students learn more deeply when they interact with animated pedagogical agents? Cognition and Instruction, 19, 177–214.
Mousavi, S. Y., Low, R., & Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. Journal of Educational Psychology, 87, 319–334.
Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. Journal of Educational Psychology, 84, 429-434.
Paas, F. G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84, 429-434.
Paas, F. G. W. C., & van Merriënboer, J. J. G. (1994a). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. Educational Psychology Review, 6,351-371.
Paas, F., & Van Gog, T. (2006). Optimising worked example instruction: Different ways to increase germane cognitive load. Learning and Instruction, 16, 87–91.
Paas, F., & van Merrie¨nboer, J. J. G. (1994b). Variability of worked examples and transfer of geometric problem-solving skills: A cognitive load approach. Journal of Educational Psychology, 86, 122–133.
Paas, F., & van Merrie¨nboer, J. J. G. (1994b). Variability of worked examples and transfer of geometric problem-solving skills: A cognitive load approach. Journal of Educational Psychology, 86, 122–133.
Paas, F., Adam, J. J., Janssen, G. M. E., Vrencken, J. G. P. M., & Bovens, A. M. P. M. (1994). Effects of a 10-months endurance training program on speeded perceptual-motor tasks. Perceptual and Motor Skills, 78, 1267-1273.
Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. Educational Psychologist, 38, 1–4.
Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2004). Cognitive load theory: Instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. Instructional Science, 32, 1–8.

Paas, F., Tuovinen, J., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2003b). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. Educational Psychologist, 38, 63-71.
Paas, F., van Merriënboer, J. J. G., & Adam, J. J. (1994). Measurement of cognitive load in instructional research. Perceptual and Motor Skills, 79, 419-430.
Paivio, A. (1986). Mental representation: A dual coding approach. New York: Oxford University Press.
Reigeluth, C. M. (Ed.). (1983). Instructional-design theories and models: An overview of their current status. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
Renkl, A. (1999). Learning mathematics from worked-out examples. Analyzing and fostering selfexplanations. *European Journal of Psychology of Education* 14, 477–488.
Renkl, A. (2002). Lerning from worked-out examples: Instructional explanations supplement selfexplanations. Learning and Instruction, 12, 529–556.
Rosenshine, B., Meister, C., and Chapman, S. (1996). Teaching students to generate questions: A review of the intervention studies. *Review of Educational Research*, 66(2), 181-221.
Schnotz, W. (2001). Sign systems, technologies, and the acquisition of knowledge. In J. F. Rouet, J. Levonen, & A. Biardeau (Eds.), Multimedia learning — cognitive and instructional issues (pp. 9–29). Amsterdam: Elsevier.
Schnotz, W. (2005). An integrated model of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge handbook of multimedia learning (pp. 49–69). New York: Cambridge University Press.
Stull, A. T., & Mayer, R. E. (2007). Learning by doing versus learning by viewing: Three experimental comparisons of learner-generated versus author-provided graphic organizers. Journal of Educational Psychology, 99, 808–820.
Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effect on learning. Cognitive Science, 12, 257–285.
Sweller, J. (1989) Cognitive technology: some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *Journal of Educational Psychology*, 4, 457-466.
Sweller, J., Chandler, P., Tierney, P., & Cooper, M. (1990) Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. *Journal of Exprimental Psychology*: General, 119, 176-192.
Sweller, J. (1999). Instructional design in technical areas. Camberwell, Australia: ACER Press.
Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. In B. Ross (Ed.), The psychology of learning and motivation, Vol. 43, (pp. 215–266). San Diego: Academic Press.
Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge handbook of multimedia learning (pp. 19–30). New York: Cambridge University Press.
Sweller, J., & Chandler, P. (1991). Evidence for cognitive load theory. Cognition and Instruction, 8, 351–362.
Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. Cognition and Instruction, 12(3), 185–233.

Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. Educational Psychology Review, 10, 251–296.
Tabbers, H. K., Martens, R. L., & Van Merriëboer, J. J. G. (2004). Multimedia instructions and cognitive load theory: Effects of modality and cueing. British Journal of Educational Psychology, 74, 71-81.
Tarmizi, R. A., & Sweller, J. (1988) Guidance during mathematical problem solving. Journal of Educational Psychology, 80, 424-436.
Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). When two sensory modes are better than one. Journal of Experimental Psychology: Applied, 3, 257-287.
van Merrie¨nboer, J. J. G., & Ayres, P. (2005). Research on cognitive load theory and its design implications for e-learning. Educational Technology Research & Development, 53, 5–13.
van Merriënboer, J. J. G. (1990). Strategies for programming instruction in high school: Program completion and program generation. *Journal of Educational Computing Research*, 6, 265-287).
Van Merriënboer, J. J. G. (2007). Alternate models of instructional design: Holistic design approaches and complex learning. In R. A. Reiser, & J. V. Dempsey (Eds.), Trends and issues in instructional design and technology (pp. 72–81). Upper Saddle River, NJ: Pearson/Merrill Prentice Hall.
van Merriënboer, J. J. G., & de Croock, M. B. M. (1992). Strategies for computer-based programming instruction: Program completion vs. program generation. Journal of Educational Computing Research, 8, 365-394.
Van Merriënboer, J. J. G., & Kester, L. (2005). The four-component instructional design model:Multimedia principles in environments for complex learning. In R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge handbook of multimedia learning (pp. 71-93). New York: Cambridge University Press.
Van Merriënboer, J. J. G., & Kester, L. (2007). Whole-task models in education. In J. M. Spector, M. D.Merrill, J. J. G. van Merriënboer, & M. P. Driscoll (Eds.), Handbook of research on educational communications and technology, (pp. 441–456, 3rd ed.). Mahwah, NJ: Erlbaum/Routledge.
Van Merriënboer, J. J. G., & Kirschner, P. A. (2007). Ten steps to complex learning. Mahwah, NJ: Erlbaum/ Routledge.
Van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. Educational Psychology Review, 17, 147–177.
Van Merriënboer, J. J. G., Kirschner, P. A., & Kester, L. (2003). Taking the load of a learners' mind: Instructional design for complex learning. Educational sychologist, 38, 5–13.
Wittrock, M. C. (1989). Generative processes of comprehension. Educational Psychologist, 24, 345–376.
Yeung, A. S., Jin, P., & Sweller, J. (1998). Cognitive load and learner expertise: Split attention and redundancy effect in reading with explanatory notes. Contemporary Educational Psychology, 23(1), 1-21.