

اثربخشی اصول طراحی آموزشی (۱۴ اصل چندرسانه‌ای مرینبور و کستر) بر بارشناختی و یادگیری موضوعات یادگیری در محیط‌های چندرسانه‌ای

طاهر محبوبی^۱
حسین زارع^۲
هاشم فردانش^۳

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۱۸

تاریخ وصول: ۹۲/۷/۲۷

چکیده

هدف از پژوهش حاضر تعیین اثربخشی رعایت اصول طراحی آموزشی بر بارشناختی، یادگیری و یادداری در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای می‌باشد. ضرورت انطباق آموزش با محدودیت‌های سیستم شناختی یادگیرندگان دغدغه اصلی نظریه بارشناختی بوده است، با توجه به محدودیت ظرفیت شناختی انسان، طراحی موضوعات یادگیری در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای بر اساس نظریه بارشناختی از اهمیت بسزایی برخوردار است. پژوهش حاضر از نوع طرح‌های تحقیق آزمایشی مداخله‌ای پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل (گروه آزمایش بر مبنای سی‌دی آموزشی طراحی شده براساس ۱۴ اصل چند رسانه‌ای و گروه کنترل

m_taher858@yahoo.com

۱-استادیار گروه علوم تربیتی، دانشگاه پیام نور (نویسنده مسئول) ۰۹۱۴۱۸۴۱۸۰۶

h_zare@pnu.ac.ir

۲- دانشیار گروه روان‌شناسی دانشگاه پیام نور

fardan_h@modares.ac.ir

۳- استاد دانشگاه تربیت مدرس

براساس سی دی آموزشی بدون ۱۴ اصل چند رسانه آموزش دیدند) می‌باشد. پژوهش شامل کلیه دانشجویان ورودی سال تحصیلی ۹۱-۹۰، رشته علوم تربیتی دانشگاه پیام نور مرکز بوکان بود که تعداد آن‌ها ۵۴۰ نفر 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. ابزارهای پژوهش شامل: آزمون یادگیری محقق ساخته، مقیاس اندازه‌گیری بارشناختی پاس، نرم افزار آموزشی محقق ساخته براساس ۱۴ اصل چند رسانه‌ای و پرسشنامه ۷۲ سوالی محقق ساخته ۱۴ اصل چند رسانه‌ای می‌باشد نتایج پژوهش نشان داد که اصول رعایت طراحی آموزشی بر کاهش بارشناختی و افزایش یادگیری گروه آزمایش نسبت به گروه گواه تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0/01$) دارد. هم‌چنین رابطه هر یک از مؤلفه‌های چهارگانه (۱۴ اصل چند رسانه‌ای) با بارشناختی و یادگیری در سطح ($P \leq 0/01$) معنی‌دار بود.

واژگان کلیدی: اصول طراحی آموزشی^۱ - بارشناختی^۲ - محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای^۳ و یادگیری

مقدمه

نظریه بارشناختی (سولر، ۱۹۸۸، سولر و دیگران، ۱۹۹۸، ون مرینبور و دیگران، ۲۰۰۵) و مدل طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای (C/ID۴) ون مرینبور و دی کروک، ۱۹۹۲؛ ون مرینبور، ۱۹۹۷؛ ون مرینبور و دیگران، ۲۰۰۲؛ ون مرینبور و کریشنر، ۲۰۰۷)، رهنمودهایی را برای کاهش بارشناختی مرتبط با یادگیری از تکالیف غنی فراهم می‌آورد. در طی بیست سال گذشته، این نظریه‌های هماهنگ به یک شیوه مکمل رشد کرده، و در این مدت نظریه بارشناختی بر طراحی مطالب آموزشی و مدل چهار مؤلفه‌ای بر طراحی برنامه‌های آموزشی متمرکز بوده‌اند. ظرفیت شناختی به ویژه برای نوآموزان، در یادگیری یک تکلیف شناختی پیچیده، یک عامل محدود

-
1. instructional design principles
 2. Cognitive Load
 3. multimedia learning environments

کننده محسوب می‌گردد. نظریه بار شناختی مبتنی بر این فرض است که یادگیری بهینه در انسان وقتی اتفاق می‌افتد که بار وارده بر حافظه کاری در پایین‌ترین سطح است، به طوری که تغییرات در حافظه بلندمدت را تسهیل نماید (سولر، ۱۹۸۸). مقدار و میزان سهولت پردازش اطلاعات در حافظه کاری و ضرورت انطباق آموزش با محدودیت‌های سیستم شناختی یادگیرندگان دغدغه اصلی نظریه بار شناختی بوده است، که توسط جان سولر و همکاران او مطرح گردید (پاس و دیگران، ۲۰۰۳a، ۲۰۰۴، پاس و ونگوگ^۱، 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 بار شناختی سعی دارد که دانش مربوط به ساختار و کارکرد سیستم شناختی انسان را با اصول طراحی آموزشی یکپارچه سازد. بار شناختی، نشان دهنده باری است که انجام یک تکلیف خاص بر روی سیستم شناختی وارد می‌سازد (پاس و مرینبور، ۱۹۹۴a). بار حافظه کاری^۲ تحت تأثیر ماهیت ذاتی آموزش (بار شناختی درونی) و شیوه ارائه آموزش (بار شناختی بیرونی و وابسته) قرار می‌گیرد. در ادامه (کریشنر^۳، ۲۰۰۲) شرح مختصری از هر کدام از این سه جنبه بار شناختی^۴ ارائه می‌شود. بار شناختی درونی سطح دشواری محتوای تکلیف بوده و طراحی آموزشی نمی‌تواند بر آن تأثیری داشته باشد. بار شناختی درونی باری است که از فکر کردن به تکلیف بر حافظه وارد می‌شود (چیپرفیلد^۵، ۲۰۰۴). بار شناختی بیرونی: این بار ناشی از طراحی آموزشی مورد استفاده و برای ارائه محتوا است (کریشنر و دیگران، ۲۰۰۶). بار شناختی وابسته: این بار به ظرفیت شناختی مورد نیاز برای ساخت فعالانه دانش یا یکپارچه سازی طرحواره اشاره دارد (برونکن^۶، پاس و لیوتنر^۷، ۲۰۰۴). در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای جنبه‌های مهم از قبیل چارچوب‌های ارائه،

-
1. Van Gog
 2. work memory
 3. Kirschner
 4. cognitive load
 5. Chipperfield
 6. Brunken
 7. Leutner

ارائه، فرایندهای ادراکی و همچنین فرایندهای شناختی بالاتر مورد توجه هستند، که در حین تعامل یادگیرندگان با این محیط‌ها اتفاق می‌افتند (آینس ورث و ون لابیگ^۱)، ۲۰۰۴، مایر^۲ (۲۰۰۱، ۲۰۰۵، شونتز^۳، ۲۰۰۱، ۲۰۰۵). مایر و مورنو (۲۰۰۳) یادگیری چندرسانه‌ای را به عنوان یادگیری از واژگان و تصاویر، و آموزش چندرسانه‌ای را به عنوان ارائه واژگان و تصاویر با هدف تقویت یادگیری تعریف کرده‌اند.

به طور مختصر به مبانی تجربی تأثیر اصول طراحی بر بارشناختی و یادگیری اشاره می‌شود. ستال^۴ و مایر (۲۰۰۷، ص ۸۰۸) اشاره کرده‌اند: «هر چند ما اندازه‌گیری مستقیمی از پردازش‌های مولد (زاینده) و بیرونی در طول یادگیری در این مطالعات نداریم، اما از عملکرد در آزمون انتقال عنوان یک ابزار اندازه‌گیری غیر مستقیم استفاده می‌کنیم. بطور خلاصه عملکرد بالاتر در آزمون انتقال شاخصی از کم بودن پردازش بیرونی (بار شناختی پایین) و پردازش مولد بالاتر در طول یادگیری است». همچنین هوانگ^۵، (۲۰۰۶)، در پژوهشی به این نتیجه دست یافت که با کاهش بار شناختی اضافی (نامربوط)، بار وابسته افزایش و در نتیجه یادگیری بهتر می‌شود. همچنین پژوهش بورکز^۶، (۲۰۰۷) نشان داد که بکارگیری نظریه بار شناختی در طراحی یادگیری آنلاین به شیوه ارائه چندوجهی بر یادگیری تأثیر مثبت و معنی داری داشته است. نتیجه تحقیق یوما^۷، (۲۰۰۸) نشان داد که انتقال دانش در گروه تصاویر متحرک بیشتر از تصاویر ثابت بوده است. در پژوهشی استفاده از سرنخ دهی در آموزش موجب کاهش بار شناختی و افزایش یادگیری شد (روبرتز^۸، ۲۰۰۹). دیلیو^۹ نیز در پژوهش خود خود نشان داد که زمانی عوامل نامربوط کمتر در محیط یادگیری وجود داشته باشد، حواس

1. Ainsworth and Van Labeke
2. Mayer
3. Schnotz
4. Stull
5. Huang
6. Burkes
7. Yue Ma
8. Roberts
9. DeLeeuw

پرتی کمتری روی می‌دهد. همچنین بارهای اضافی و نامرتب باعث سرخوردگی و اضطراب یادگیرندگان می‌شود (مک کواید^۱، ۲۰۰۹). و اطلاعات حمایتی (داربست سازی) باعث کاهش کاهش بار شناختی شده است (دانیلنکو^۲، ۲۰۱۰). در پژوهشی پارک^۳ و همکاران، (۲۰۱۱) نشان نشان دادند که جزئیات گمراه کننده و بار شناختی بالا مزاحم یادگیری است. همچنین سچوامبورن^۴ و همکاران، (۲۰۱۱) در پژوهش خود به این نتیجه دست یافت که کاهش بار شناختی در ک مطالب را بیشتر می‌کند. در تحقیق روسل^۵ (۲۰۱۱) نیز به کارگیری نظریه بار شناختی در برنامه ریزی‌های درسی و در تکنولوژی‌های مورد استفاده در کلاسهای درسی به منظور عملکرد بهتر و بهبود یادگیری اقدامی مؤثر بود. سونگ^۶ (۲۰۱۱) نیز نشان داد ارائه یک موضوع یادگیری در یک زمینه نامربوط (ناآشنا) می‌تواند باعث کاهش انگیزه و درک سطحی شود. تایلور^۷ (۲۰۱۱) نیز نشان داد که دانشجویان از کتاب‌های سنتی بیشتر از کتاب‌های الکترونیکی راضی بودند به علت خستگی چشم در برابر یادگیری الکترونیکی. 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-فورد^۸ و دیگران، ۱۹۹۷) پرداخته‌اند. این نکته باعث طرح این سؤال می‌شود که آیا می‌توان آن را در آموزش‌های چندرسانه‌ای خارج از حوزه فنی و طولانی تر نیز نشان داد؟ به همین خاطر، محقق در این پژوهش درس آمار را به عنوان محتوای مورد آموزش به گروه گواه و آزمایش انتخاب

-
1. McQuaid
 2. Danilenko
 3. Park
 4. Schwamborn
 5. Russell
 6. Song
 7. Taylor
 8. Tindall-Ford

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 و افزایش یادگیری، الگوی طراحی آموزشی مبتنی بر اصول چهارده گانه می‌باشد، لذا مسأله اصلی در این پژوهش این است که آیا رعایت این اصول باعث کاهش بارشناختی و افزایش یادگیری موضوعات در محیط‌های چند رسانه‌ای می‌شود؟

اهداف

- ۱- تعیین و مقایسه اثر هر یک از مؤلفه‌های چهارگانه اصول طراحی آموزشی و اصول مربوط به آن‌ها بر میزان بارشناختی
- ۲- تعیین و مقایسه اثر هر یک از مؤلفه‌های چهارگانه اصول طراحی آموزشی و اصول مربوط به آن‌ها بر میزان یادگیری

فرضیه‌ها

- ۱- هر یک از مؤلفه‌های چهارگانه اصول طراحی آموزشی و اصول مربوط به آن‌ها بر بارشناختی تأثیر دارند.
- ۲- هر یک از مؤلفه‌های چهارگانه اصول طراحی آموزشی و اصول مربوط به آن‌ها بر یادگیری تأثیر دارند.

روش

در پژوهش حاضر آموزش چند رسانه‌ای (مبتنی بر وب) درس آمار براساس مدل طراحی آموزشی اصول چهارده‌گانه ون مرینبور و کستر (۲۰۰۵) تهیه شده است که عبارت‌اند از:

۱- اصل توالی یا تسلسل^۱: (ارائه مطالب از ساده به پیچیده)، ۲- اصل انسجام^۲: (حذف مطالب جذاب اما نامرتبط از قبیل موسیقی پس زمینه، کلیپ‌های ویدئویی و ... موجب یادگیری بهتر می‌شود) ۳- اصل تغییر پذیری^۳: (تکالیف یادگیری به اندازه کافی از یکدیگر متفاوت باشند)، ۴- اصل شخصی سازی^۴ (انتخاب تکالیف یادگیری بر اساس ویژگیهای فردی یادگیرنده)، یادگیرنده)، ۵- اصل مثال‌های حل شده^۵: (ارائه مثال‌های حل شده به همراه راه حل آن‌ها)، ۶- اصل استراتژی تکمیل^۶: (ارائه تکالیف کامل کردنی که بخشی از راه حل را به یادگیرندگان ارائه می‌دهند تا آن‌ها را تکمیل کنند)، ۷- اصل حشو^۷: (ارائه اطلاعات زاید «غیر ضروری اضافی» به یادگیرندگان)، ۸- اصل خود توضیحی^۸: (یادگیرنده گام‌های یک راه حل را از طریق طریق مثال‌های حل شده برای خود توضیح می‌دهد)، ۹- اصل خود-سرعتی^۹: (واگذار کردن سرعت آموزش به یادگیرنده)، ۱۰- اصل توجه دو نیمه زمانی^{۱۰}: (ارائه اطلاعات به صورت همزمان و نه در دو زمان مختلف مثلاً ارائه همزمان انیمیشن با روایت)، ۱۱- اصل توجه دو نیمه فضایی^{۱۱}: (ترکیب کردن منابع اطلاعاتی مختلف در یک منبع یکپارچه)، ۱۲- اصل علامت دهی^{۱۲}: (متمرکز کردن توجه یادگیرنده بر روی جنبه‌های اساسی تکلیف یادگیری از طریق برجسته کردن بخشی از تصویر)، ۱۳- اصل وجهی^{۱۳} (ارائه دو حالت متن شنیداری و روایت برای

-
1. Sequencing principle
 2. Coherence principle
 3. Variability principle
 4. Individualization principle
 5. worked examples principle
 6. Completion-strategy principle
 7. Redundancy principle
 8. Self-explanation principle
 9. Self-pacing principle
 10. Temporal split-attention principle
 11. Spatial split-attention principle
 12. Signaling principle
 13. Modality principle

نمودارها در مقایسه با ارائه تک حالت فقط بصری یادگیری بهتری را به دنبال دارد)، ۱۴-اصل سیالیت مؤلفه^۱ (عنصر): (تمرین و تکرار بر روی یک یا چند جنبه از تکلیف یادگیری). 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 مقیاس لیکرتی ۹ درجه‌ای تهیه شده است.

ابزارهای پژوهش

آزمون یادگیری: آزمون میزان یادگیری محقق ساخته می‌باشد این آزمون دارای ۲۰ سؤال می‌باشد که از محتوای درس آمار توصیفی رشته علوم تربیتی (منحنی نرمال) تهیه شد. و به صورت پیش‌آزمون و پس‌آزمون بر روی دانشجویان اجرا شد (محتوای پیش‌آزمون و پس‌آزمون تا حدودی با هم متفاوت بود بعد از مطالعه و بازبینی محتوا و سؤالات توسط متخصصین، اصلاحات لازم انجام شد و روایی صوری و محتوایی، محتوا و سؤالات پیش‌آزمون و پس‌آزمون مورد تأیید صاحب نظران حوزه‌های سنجش و آمار قرار گرفت. مقیاس اندازه‌گیری بارشناختی: آن گونه که از بررسی پاس و دیگران (b ۲۰۰۳) بر می‌آید، یکی از پرکاربردترین روش‌های اندازه‌گیری بارشناختی خودسنجی است. رایج‌ترین مقیاس خودسنجی در علوم تربیتی توسط پاس (۱۹۹۲) معرفی شده این پرسشنامه شامل سه آیتم است که در آن یادگیرندگان «میزان تلاش ذهنی ادراک شده» خود را بر روی یک مقیاس درجه‌بندی ۹ درجه‌ای تعیین می‌کنند (پاس ۱۹۹۲، ص ۳۴۰). مقیاس اندازه‌گیری بارشناختی

1. Component-fluency principle

توسط پاس و دیگران (پاس، ۱۹۹۲) تهیه شده است.، که در مقیاس لیکرتی ۹ درجه‌ای تهیه شده است. البته لازم به توضیح است که مقیاس اندازه گیری بارشناختی ۹ درجه‌ای یعنی از ۱ تا ۹ است. که در دو مطالعه، پاس (۱۹۹۲) و پاس و ون مرینبور (b ۱۹۹۴) میزان آلفای کرونباخ مقیاس اندازه گیری بارشناختی ۹۰٪ و ۸۲٪ گزارش شده است. ضریب همبستگی به دست آمده از اعتبار بازآزمایی مقیاس بارشناختی در پژوهش حاضر ۰/۸۳ می باشد. نرم افزار آموزشی: گروه گواه: در طراحی نرم افزار گروه گواه تقریباً هیچ یک از اصول چهارده گانه طراحی آموزشی رعایت نشده است. گروه آزمایش: در طراحی نرم افزار گروه آزمایش تقریباً همه اصول رعایت شده است. نرم افزار آموزشی محقق ساخته براساس چهار مؤلفه طراحی آموزشی (۱۴ اصل چند رسانه‌ای) (ون مرینبور و کستر ۲۰۰۵) تهیه شده است روایی صوری و محتوایی نرم افزار تهیه شده براساس ۱۴ اصل چند رسانه‌ای نیز به وسیله طراحی یک پرسشنامه ۷۲ سؤالی توسط محقق مورد بررسی قرار گرفت که در زیر به آن اشاره شده است. پرسشنامه چهار مؤلفه‌ای (۱۴ اصل چند رسانه‌ای): پرسشنامه چهار مؤلفه‌ای (۱۴ اصل چند رسانه‌ای) دارای ۷۲ گویه است. این پرسشنامه محقق ساخته بر اساس چهار مؤلفه‌ای (۱۴ اصل چند رسانه‌ای) (ون مرینبور و کستر، ۲۰۰۵) تهیه شده است. روایی درونی پرسشنامه ساخته شده بر اساس اصول چهارده گانه بکار برده شده در نرم افزار آموزشی از طریق آلفای کرونباخ ۰/۹۴ به دست آمد. که این نشان دهنده اعتبار بالای نرم افزار آموزشی چند رسانه‌ای طراحی شده می باشد هم چنین برای سنجش روایی بیرونی پرسشنامه مربوط به نرم افزار از روش بازآزمایی استفاده شد. که ضریب همبستگی به دست آمده از اعتبار بازآزمایی ۰/۸۱ می باشد.

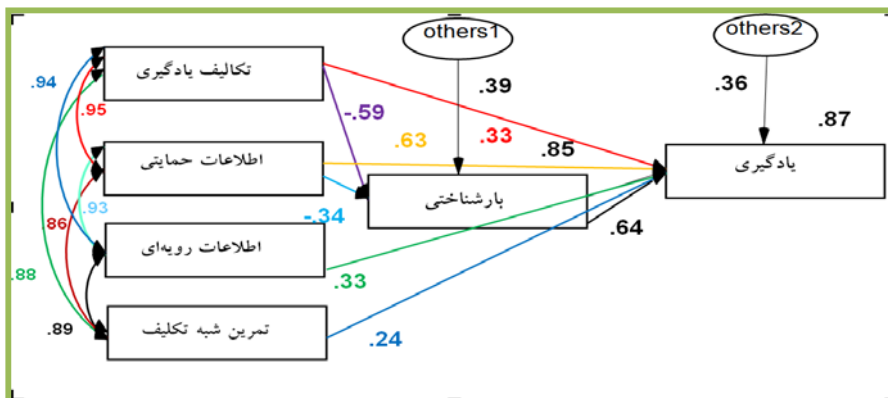
یافته‌ها

برای تحلیل داده‌ها از روش همبستگی پیرسون و تحلیل مسیر استفاده شده است.

جدول ۱. نتایج اثرات کلی مؤلفه‌های تکالیف یادگیری، اطلاعات حمایتی، رویه ای و تمرین شبه تکلیف بر بارشناختی و یادگیری

مؤلفه	اثر مستقیم		اثر غیرمستقیم		اثر کل
	یادگیری	بارشناختی	یادگیری	بارشناختی	
تکالیف یادگیری	۰/۳۲۷**	-۰/۵۸۶**	-۰/۳۷۴**	-	-۰/۰۴۷
اطلاعات حمایتی	۰/۶۳۰**	-۰/۳۴۵**	-۰/۲۲۰**	-	۰/۴۱۰**
اطلاعات رویه ای	۰/۳۲۸**	-	-	-	۰/۳۲۸**
تمرینات بخش-تکلیف	۰/۲۳۹**	-	-	-	۰/۲۳۹**

نمودار ۱. تحلیل مسیر جهت پیش‌گویی‌کنندگی بارشناختی و یادگیری در مدل نهایی توسط چهارمؤلفه



نمودار ۱. اثرات کلی مربوط به مؤلفه‌های تکالیف یادگیری، اطلاعات حمایتی، رویه ای و تمرین شبه تکلیف بر بارشناختی، یادگیری

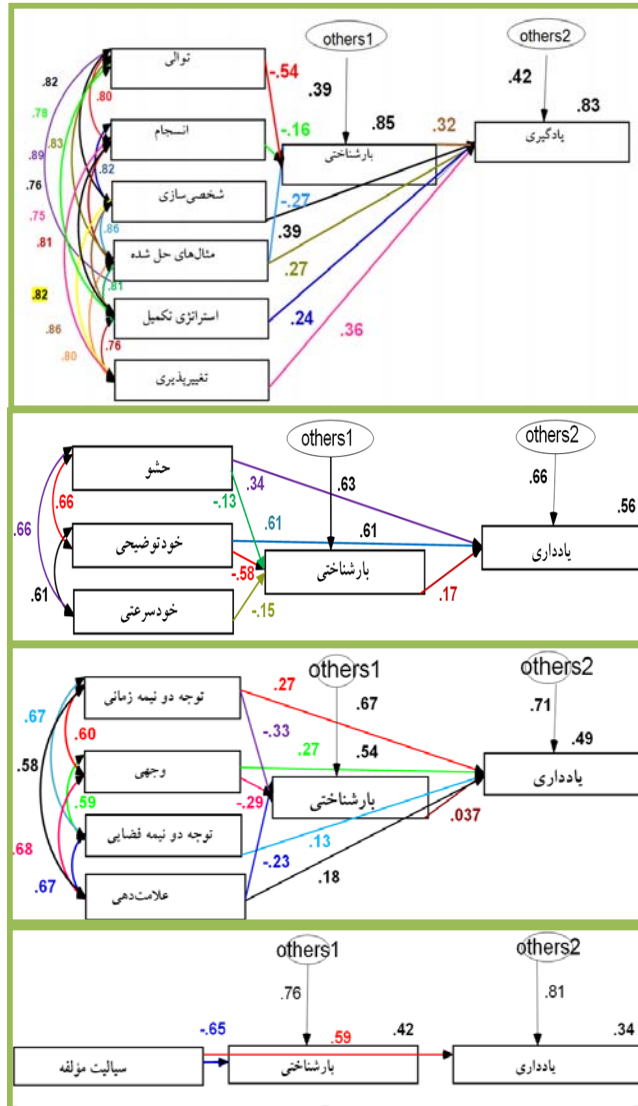
- مؤلفه‌های تکالیف یادگیری و اطلاعات حمایتی بیشترین اثر کل منفی و معنی‌دار را روی بار شناختی دارند. واریانس تغییرات بارشناختی که توسط این مدل تبیین می‌شود ۸۵ درصد می‌باشد.

مؤلفه‌های اطلاعات حمایتی، اطلاعات رویه‌ای، تمرین شبه تکلیف به ترتیب رابطه مستقیم با یادگیری دارند. واریانس تغییرات یادگیری که توسط این مدل تبیین می‌شود ۸۷ درصد می‌باشد.

جدول ۲. نتایج اثرات اصول طراحی آموزشی (۱۴ اصل چندرسانه‌ای) بر بارشناختی و یادگیری

مؤلفه	اصل	اثر مستقیم		اثر غیرمستقیم		اثر کل
		بارشناختی	یادگیری	بارشناختی	یادگیری	
تکالیف	توالی	۰/۵۴۴**	-	-	۰/۱۷۵**	۰/۱۷۵**
	انسجام	۰/۱۶۱**	۰/۳۹۴**	-	-	۰/۳۹۴**
	تغییرپذیری	-	۰/۲۳۸**	-	-	۰/۲۳۸**
یادگیری	شخصی سازی	-	۰/۳۹۴**	-	-	۰/۳۹۴**
	مثال‌های حل شده	۰/۲۶۹**	۰/۲۷۱**	-	۰/۰۸۷	۰/۱۸۴**
	استراتژی تکمیل	-	۰/۳۶۱**	-	-	۰/۳۶۱
اطلاعات حمایتی	حشو	-	۰/۳۸۹**	-	-	۰/۳۸۹**
	خود توضیحی	۰/۹۱۷**	۰/۶۶۴**	-	۰/۳۷۰**	۰/۲۹۴**
	خود-پیمایی	-	۰/۲۶۶**	-	-	۰/۲۶۶**
اطلاعات رویه‌ای	توجه دو نیمه زمانی	۰/۳۷۵**	۰/۳۷۴**	-	۰/۱۲۱**	۰/۲۵۴**
	اصل وجهی	۰/۳۱۹**	۰/۴۰۴**	-	۰/۱۰۳**	۰/۳۰۲**
	توجه دو نیمه فضایی	-	۰/۱۸۴**	-	-	۰/۱۸۴**
بخش-تکلیف.	علامت دهی	۰/۲۵۳**	۰/۲۷۵**	-	۰/۰۸۱	۰/۱۹۴**
	اصل سیالیت اجزاء	۰/۸۵۳**	۰/۸۳۱**	-	-	۰/۸۳۱**

**معنی‌داری (p<۰.۰۱)



نمودار (۲) اثرات اصول مربوط به مؤلفه تکالیف یادگیری بر بار شناختی و یادگیری

- اصول توالی، انسجام و مثال‌های حل شده اثر کل منفی و معنی‌داری بر روی بار شناختی دارند. واریانس تغییرات بار شناختی که توسط این مدل تبیین می‌شود ۸۵ درصد می‌باشد.

• اصول توالی، انسجام، تغییر پذیری، شخصی سازی، مثال‌های حل شده، تغییر پذیری و استراتژی تکمیل به ترتیب رابطه مستقیم با یادگیری دارند. واریانس تغییرات یادگیری که توسط این مدل تبیین می‌شود ۸۳ درصد می‌باشد.

نمودار (۳) اثرات اصول مربوط به مؤلفه اطلاعات حمایتی بر بارشناختی، یادگیری:

• اصل خود توضیحی اثر کل منفی و معنی داری بر روی بار شناختی دارد. واریانس تغییرات بارشناختی که توسط این مدل تبیین می‌شود ۰/۸۴ درصد می‌باشد.

• اصل حسو، خود توضیحی و خود پیمایی به ترتیب رابطه مستقیم مثبت و معناداری با یادگیری دارند. واریانس تغییرات یادگیری که توسط این مدل تبیین می‌شود ۰/۸۲ درصد می‌باشد.

نمودار (۴) اثرات اصول مربوط به مؤلفه اطلاعات رویه ای بر بارشناختی و یادگیری:

• اصول توجه دو نیمه زمانی، وجهی و علامت‌دهی اثر کل منفی و معنی داری بر روی بار شناختی دارند. واریانس تغییرات بارشناختی که توسط این مدل تبیین می‌شود به ترتیب ۸۰ درصد می‌باشد.

• هم‌چنین اصول وجهی، توجه دو نیمه زمانی، علامت‌دهی و توجه دو نیمه فضایی به ترتیب رابطه مستقیم با یادگیری دارند. واریانس تغییرات یادگیری که توسط این مدل تبیین می‌شود ۷۸ درصد می‌باشد.

نمودار (۵) اثرات اصول مربوط به مؤلفه تمرین شبه تکلیف بر بارشناختی و یادگیری:

• اصل سیالیت اثر کل منفی و معنی داری بر روی بار شناختی دارند. واریانس تغییرات بارشناختی که توسط این مدل تبیین می‌شود ۷۳ درصد می‌باشد.

• اصل سیالیت رابطه مستقیم مثبت و معناداری با یادگیری دارند. واریانس تغییرات یادگیری که توسط این مدل تبیین می‌شود ۶۹ درصد می‌باشد.

نتیجه‌گیری و بحث

نتایج نشان داد که «هر یک از مؤلفه‌های چهارگانه اصول طراحی آموزشی بر میزان بارشناختی تأثیر دارد» در سطح ($P \leq 0/01$) معنی‌دار بود و مورد تأیید قرار گرفت. این بدین معنی است که مؤلفه‌های تکالیف یادگیری و اطلاعات حمایتی و اطلاعات رویه‌ای و بخش تکلیف اثر کل منفی و معنی‌دار را در سطح ($P \leq 0/01$) روی بارشناختی دارند. هم‌چنین مدل نشان داد واریانس تغییرات بارشناختی که توسط این چهار مؤلفه می‌شود ۸۸ درصد می‌باشد.

هم‌چنین اصول مربوط به هر یک از مؤلفه‌های چهارگانه بر روی بارشناختی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن بدین شرح است که اصول حشو، خودتوضیحی و خودپیمایی اثر کل منفی و معنی‌داری در سطح ($P \leq 0/01$) بر روی بارشناختی دارد. واریانس تغییرات بارشناختی که توسط این سه اصل تبیین می‌شود ۸۷ درصد می‌باشد. و اصول توالی، انسجام، شخصی‌سازی، مثال‌های حل شده، تغییرپذیری و استراتژی تکمیل نیز اثر کل منفی و معنی‌داری در سطح ($P \leq 0/01$) بر روی بارشناختی دارند. واریانس تغییرات بارشناختی که توسط این شش اصل تبیین شده، ۸۷ درصد است. هم‌چنین اصول توجه دو نیمه زمانی، اصل وجهی و علامت‌دهی و توجه دو نیمه فضایی نیز اثر کل منفی و معنی‌داری در سطح ($P \leq 0/01$) بر روی بارشناختی دارند. واریانس تغییرات بارشناختی که توسط این چهار اصل تبیین می‌شود ۸۴ درصد می‌باشد. هم‌چنین اصل سیالیت اجزاء اثر کل منفی و معنی‌داری در سطح ($P \leq 0/01$) بر روی بارشناختی دارد. واریانس تغییرات بارشناختی که توسط اصل سیالیت مؤلفه تبیین می‌شود که ۷۳ درصد می‌باشد.

هم‌چنین نتایج نشان داد که «هر یک از مؤلفه‌های چهارگانه اصول طراحی آموزشی بر میزان یادگیری تأثیر دارد» در سطح ($P \leq 0/01$) معنی‌دار بود و مورد تأیید قرار گرفت. این بدین معنی است که مؤلفه‌های تکالیف یادگیری و اطلاعات حمایتی و اطلاعات رویه‌ای و بخش تکلیف اثر کل منفی و معنی‌داری را در سطح ($P \leq 0/01$) روی بارشناختی و اثر مثبت معنی‌داری بر روی یادگیری دارند. هم‌چنین مدل نشان داد واریانس تغییرات بارشناختی و

یادگیری که توسط این چهار مؤلفه تبیین می‌شود به ترتیب ۸۵ و ۸۸ درصد می‌باشد. اصول حسو، خودتوضیحی و خودپیمایی اثر کل منفی و معنی داری در سطح $(P \leq 0/01)$ بر روی بارشناختی و اثر مثبت معنی داری بر روی یادگیری دارند. واریانس تغییرات بارشناختی و یادگیری که توسط این سه اصل تبیین می‌شود به ترتیب ۸۴ و ۸۲ درصد می‌باشد. و اصول توالی، انسجام، شخصی سازی، مثال‌های حل شده، تغییرپذیری و استراتژی تکمیل نیز اثر کل منفی و معنی داری در سطح $(P \leq 0/01)$ بر روی بارشناختی و اثر مثبت معنی داری روی یادگیری دارند. واریانس تغییرات بارشناختی و یادگیری که توسط این شش اصل تبیین شده، به ترتیب ۸۵ و ۸۳ درصد است. هم‌چنین اصول توجه دو نیمه زمانی، اصل وجهی و علامت‌دهی و توجه دو نیمه فضایی نیز اثر کل منفی و معنی داری در سطح $(P \leq 0/01)$ بر روی بارشناختی و اثر مثبت معناداری بر روی یادگیری دارند. واریانس تغییرات بارشناختی و یادگیری که توسط این چهار اصل تبیین می‌شود به ترتیب ۸۰ و ۷۸ درصد می‌باشد. هم‌چنین اصل سیالیت اجزاء اثر کل منفی و معنی داری در سطح $(P \leq 0/01)$ بر روی بارشناختی و اثر مثبت معناداری بر روی یادگیری دارد. واریانس تغییرات بارشناختی و یادگیری که توسط اصل سیالیت مؤلفه تبیین می‌شود به ترتیب ۷۳ و ۶۹ درصد می‌باشد. این نتایج با نتایج تحقیقات ستال و مایر (۲۰۰۷)، هوانگک، (۲۰۰۶)، بورکز، (۲۰۰۷)، یوما، (۲۰۰۸)، روبرتز، (۲۰۰۹)، تایلور (۲۰۱۱)، (دانیلنکو، ۲۰۱۰)، پارک و همکاران، (۲۰۱۱)، سچوامبورن، (۲۰۱۱)، روسل (۲۰۱۱)، سونگ (۲۰۱۱)، مک کواید، (۲۰۰۹) منطبق است و حاکی از آن است که رعایت اصول طراحی آموزشی بر کاهش بارشناختی و افزایش یادگیری تأثیر دارند. در توجیه این مطلب می‌توان گفت که برای یادگیرندگان تازه کار، یک محیط تکلیف با جزئیات زیاد، اغلب شامل جزئیات نامرتبط است که ممکن است یادگیری را دشوار نمایند. اصل انسجام با این یافته هماهنگ است که حذف مطالب جذاب اما نامرتبط از قبیل موسیقی پس زمینه، ویدئو کلیپ‌های غیر ضروری از یک برنامه آموزشی موجب یادگیری بهتر می‌شود، هم‌چنین مایر، هیسر ولون (۲۰۰۱)، مورنو و مایر (۲۰۰۰) نشان دادند که دانش‌آموزان پس از دریافت یک انیمیشن روایتی کوتاه به جای

یک انیمیشن روایتی در آزمون‌های یادگیری بهتر عمل می‌کنند. هم‌چنین پولاک، چندلر و سولر (۲۰۰۲) دریافتند که برای مطالب دارای تعامل پذیری بالا در میان اجزاء، ارائه عناصر مجزا در ابتدا و سپس ارائه عناصر به هم مرتبط (اصل توالی)، بهتر از ارائه همزمان تمامی عناصر است. براساس یافته‌های (کولیچی و مایر، ۱۹۹۶؛ پاس و ون مرینبور، ۱۹۹۴) تکالیف یادگیری باید به اندازه کافی از یکدیگر متفاوت باشند (اصل تغییرپذیری)، تا امکان ساخت طرحواره‌های کلی انتزاعی که انتقال یادگیری را فراهم می‌سازند، باشند. هم‌چنین نشان دادند که تغییرپذیری بالا در میان تکالیف یادگیری با بهترین انتقال در عملکرد آزمون همراه است. براساس اصل فردی سازی، سیستم‌های یادگیری انطباقی که به صورت پویا، تکالیف یادگیری را براساس ویژگی‌های فردی یادگیرنده انتخاب می‌کنند، در مقایسه با سیستم‌های آموزشی غیرانطباقی که یک توالی ثابت از تکالیف یکسان برای تمامی یادگیرندگان را ارائه می‌دهند، یادگیری بالاتری را به همراه دارند (سالدن، پاس و ون مرینبور، ۲۰۰۱). براساس اصل مثال‌های حل‌شده حتی اجرای تکلیف یادگیری در یک محیط با جزئیات نامرتبط کم برای یادگیرندگان تازه کار دشوار است، یک راه برای کمک به یادگیرندگان، فراهم آوردن مثال‌های حل‌شده فرایند مدار می‌باشد که یادگیرندگان را گام به گام در فرایند حل مسأله یا استدلال پیش می‌برند، که این فرایند باعث یادگیری بهتر می‌شود (ونگوگ، پاس و ون مرینبور، ۲۰۰۴). استراتژی تکمیل (ون مرینبور، ۱۹۹۰؛ ون مرینبور و دی کروک، ۱۹۹۲) با مثال‌های حل‌شده‌ای که باید توسط یادگیرندگان مطالعه شوند، شروع می‌شود و با تکالیف تکمیل کردنی که بخشی از راه حل را به یادگیرندگان ارائه می‌دهند تا آن‌ها را تکمیل کنند. ادامه می‌یابد و با تکالیف مرسوم که یادگیرندگان باید به طور مستقل کل راه حل را برای آنان ایجاد کنند، به پایان می‌رسد. بسیاری از مطالعات نشان می‌دهند که یادگیرندگان تازه کار از مطالعه مثال‌های حل‌شده (اتکنسیون، دری، رنکل و ورتمن، ۲۰۰۰) یا از انجام تکالیف نیمه حل‌شده (سولر، ون مرینبور و پاس، ۱۹۹۸) بیش از حل مسأله‌های مرسوم از همان سطح یاد می‌گیرند. براساس اصل حشو، ارائه اطلاعات زاید به طور معمول بر یادگیری تأثیر منفی دارد، ارائه اطلاعات زائد باعث افزایش

بارشناختی می‌شود و در نتیجه یادگیری کاهش می‌یابد (سولر، ون مرینبور و پاس، ۱۹۹۸). رنکل (۱۹۹۹) اصل خود توضیحی را در بافت یادگیری از روی مثال‌های حل شده معرفی نمود. براساس این اصل میزان توضیح گام‌های راه حل، در مثال‌های حل شده، پیش‌بینی کننده مناسبی برای نتایج یادگیری بوده و فراخوانی مستقیم خود توضیحی از طریق ترغیب یادگیرندگان برای انجام این کار تأثیرات مفیدی بر یادگیری دارد. مایر و مورنو (۲۰۰۳)، نشان دادند یادگیرندگانی که امکان اعمال کنترل بر روی سرعت ارائه یک انیمیشن روایتی (اصل خود-پیمایی) را داشتند در مقایسه با یادگیرندگانی که همان انیمیشن روایتی را با سرعت طبیعی و بدون هیچ گونه کنترل یادگیرنده دریافت کردند، عملکرد بهتری در تکالیف یادگیری داشتند. اصل توجه دو نیمه زمان دار می‌گوید که یادگیری از منابع اطلاعاتی دارای ارجاع متقابل، در صورتی که این دو مرجع از لحاظ زمانی از یکدیگر جدا نباشند، یعنی چنانچه آن‌ها به صورت همزمان ارائه شوند، تسهیل می‌شود. این حالت در مورد ارائه همزمان انیمیشن و روایت متناظر با آن، در مقایسه با ارائه متوالی، با یادگیری بهتری همراه است (مایر و اندرسون، ۱۹۹۲). اصل توجه دو نیمه فضایی که «تأثیر مجاوت فضایی» (مایر و مورنو، ۲۰۰۳) نیز نامیده می‌شود، برای این یافته دلالت دارد که منابع اطلاعات دارای ارجاع متقابل که به لحاظ فیزیکی در فضا با یکدیگر یکپارچه شده‌اند، به یادگیری بالاتر منجر می‌شوند. تحقیقات گسترده‌ای انجام شده‌اند که نشان دهنده تأثیرات سودمند یکپارچه سازی تصاویر با توضیح متنی هستند: متنی که به تصویر اشاره دارد معمولاً به بخش‌های کوچک‌تر تقسیم شده است به طوری که می‌توان بخشی از متن را که به بخش خاصی از تصویر مربوط می‌شود به آن متصل ساخت یا آن را در همان تصویر جای داد (چندلر و سولر، ۱۹۹۱؛ چندلر و سولر، ۱۹۹۲؛ کالیوگا، چندلر و سولر، ۱۹۹۹). اصل علامت‌دهی یا متمرکز ساختن توجه اشاره می‌کند، در صورتی که توجه یادگیرنده بر روی جنبه‌های مهم تکلیف یادگیری یا اطلاعات ارائه شده متمرکز شود، یادگیری بهبود پیدا می‌کند. این کار نیاز به جستجوی بصری را کاهش داده و در نتیجه منابع شناختی را آزاد می‌گذارد تا بتوانند به ساخت طرحواره یا خودکار کردن طرحواره اختصاص یابند و تأثیرات مثبت این

فرایند بر روی یادگیری آشکار می‌گردد. ماتون و مایر (۲۰۰۱) تأثیرات مثبت علامت‌دهی بر روی یادگیری را در مورد متن چاپی، متن گفتاری و هم‌چنین متن گفتاری با انیمیشن متناظر با آن را نشان دادند. اصل وجهی (روش) می‌گوید، که تکنیک‌های ارائه دو حالت از متن شنیداری یا روایت برای توضیح نمودارها، انیمیشن یا نمایش‌های بصری استفاده می‌کنند در مقایسه با ارائه‌های تک حالت مشابه که فقط از اطلاعات بصری استفاده می‌کنند یادگیری بهتری را به دنبال دارند. مورنو و مایر (۱۹۹۹) و تیندال فورد، چندلر و سولر (۱۹۹۷) در تحقیقات خود تأثیر این اصل را نشان داده‌اند. اصل سیالیت اجزاء می‌گوید که تمرین و ممارست بر روی یک یا چند جنبه از جوانب روتین یک تکلیف، تأثیرات مثبتی بر یادگیری و اجرای کل تکلیف دارد. در نتیجه تمام ظرفیت شناختی موجود می‌تواند به جنبه‌های غیر روتین، حل مسأله و استدلال اجرای کل تکلیف اختصاص پیدا کند. کارلسون، سالیوان و اشنایدر (۱۹۸۹) و کارلسون، کوو والیوت (۱۹۹۰) شواهدی را برای اصل سیالیت اجزاء به نشان دادند. در نهایت پیشنهاد می‌گردد از آنجا که در بین چهارده اصل چندرسانه‌ای در طراحی آموزشی، اصول خود توضیحی و سیالیت مؤلفه، بیشترین تأثیر را بر کاهش بار شناختی و اصل سیالیت مؤلفه بیشترین تأثیر را بر یادگیری داشته است لذا پیشنهاد می‌گردد که طراحان آموزشی و متخصصان تألیف کتب درسی و محیط‌های چندرسانه‌ای از مثال‌های حل شده برای خود توضیحی بیشتر فراگیران و همچنین برای اتوماسیون کردن طحاره‌ها از تمرین‌های بیشتر در طراحی موضوعات یادگیری بهره ببرند. همچنین در پژوهش حاضر در مورد غالب‌ترین اصول چند رسانه‌ای برای هر کدام از چهار مؤلفه کلی تمرکز نمودیم، اما این بدان معنی نیست که اصول خاص نمی‌توانند برای سایر مؤلفه‌های کلی مهم باشند. پس پیشنهاد می‌گردد ارتباط هر یک از اصول خاص با سایر مؤلفه‌های کلی مورد پژوهش قرار گیرد.

منابع انگلیسی

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

- Bruñken, R., Pass, 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.
- Burkes, B.A. (2007). Applying cognitive load theory to the design of online learning, Dissertation Prepared for the Degree of Doctor of Philosophy, University of North Texas.
- Carlson, R. A., Khoo, H., & Elliot, R. G. (1990). Component practice and exposure to a problem-solving context. *Human Factors*, 32, 267-286.
- Carlson, R. A., Sullivan, M. A., & Schneider, W. (1989). Component fluency in a problem solving context. *Human Factors*, 31, 489-502.
- 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.
- Chipperfield, B. (2004). *Cognitive load Theory and Instructional Design*, University of Saskatchewan. Retrieved May 25, 2007, from
- Danilenko, E. P. (2010). The relationship of scaffolding on cognitive load in an online self-regulated learning environment, A Dissertation Presented in Partial Fulfillment Of the Requirements for the Degree, Doctor of Philosophy, Aaron Doering, Adviser Charles Miller, Co-adviser.
- Huang, W. D. (2006). The interaction effect between instructional methods and instructional multimedia: A cognitive load approach, A Dissertation Presented in Partial Fulfillment Of the Requirements for the Degree, Doctor of Philosophy, Purdue University.
- 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.
- Kirschner, P. A. (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 does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery". *Problem-based, Experiential and inquiry based teaching educational psychologist*. 41(2): PP:75-86.
- Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 93, 377–389.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (Ed.). (2005). *Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., & Anderson, R. B. (1992). The instructive animation: Helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 84, 444–452.

- 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., Heiser, J., & Lonn, S. (2001). Cognitive constraints on multimedia learning: When presenting more material results in less understanding. *Journal of Experimental Psychology, 93*, 187-198.
- McQuaid, J. W. (2009). An analysis of the effects of cognitive load on the participation of asynchronous e-learners, A Dissertation Presented in Partial Fulfillment Of the Requirements for the Degree, Doctor of Philosophy, Capella University.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and con-tiguity. *Journal of Educational Psychology, 91*, 358-368.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2000). A coherence effect in multimedia learning: The case for minimizing ir-relevant sounds in the design of multimedia instruc-tional messages. *Journal of Experimental Psychology, 94*, 117-125.
- 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., & Van Gog, T. (2006). Optimising worked example instruction: Different ways to increase germane cognitive load. *Learning and Instruction, 16*, 87–91.
- Paas, F., & van Merriënboer, J. (1994a). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review, 6*, 51–71.
- Paas, F., & van Merriënboer, J. (1994b). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology, 86*, 122–133.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003a). 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., van Merriënboer, J. J. G., & Adam, J. J. (1994). Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual and Motor Skills, 79*, 419–430.
- Paas, F.G.W.C., & van Merriënboer, J.J.G. (1994). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review, 6*, 351-371.
- Park, Moreno, Seufert and Brünken (2011). Does cognitive load moderate the seductive details effect? A multimedia study
- Pollock, E., Chandler, P., & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction, 12*, 61-86.

- Quilici, J. L., & Mayer, R. E. (1996). Role of examples in how students learn to categorize statistics word problems. *Journal of Educational Psychology*, 88, 144-161.
- Renkl, A. (1999). Learning mathematics from worked-out examples: Analyzing and fostering self-explanations. *European Journal of Psychology of Education*, 14, 477-488.
- Roberts, W. E. (2009). The Use of Cues in Multimedia Instructions in Technology as a way to Reduce Cognitive Load, A dissertation submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Education.
- Russell, A. (2011). A cognitive load approach to learner-centered design of digital instructional media and supporting accessibility tools, In partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Human Factors Engineering Tufts University.
- Salden, R., Paas, F.G.W.C., & van Merriënboer, J.J.G. (2001, November). Selection of learning tasks based on performance and cognitive load scores as a way to optimize the learning process. Paper presented at the annual conference of the AECT, Atlanta, GA, U.S.A.
- Schnotz, W. (2001). Sign systems, technologies, and the acquisition of knowledge. In J. F. Rouet
- Schnotz, W. (2005). An integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 49-69). Cambridge: Cambridge University Press.
- Schwaborn, Thillmann, Opfermann, Leutner. (2011). Cognitive load and instructionally supported learning with provided and learner-generated visualizations, *Computers in Human Behavior* 27 (2011) 89-93, doi:10.1016/j.chb.2010.05.028.
- Song, M. (2011). Effects of background context and signaling on comprehension recall and cognitive load: The perspective of cognitive load theory, Presented to the Faculty of The Graduate College at the University of Nebraska In Partial Fulfillment of Requirements For the Degree of Doctor of Philosophy, Lincoln, Nebraska.
- 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. (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. (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(3), 251-296.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296.
- Taylor, S. A. (2011). An analysis of instructional design conditions using e-books for e-learning: community college students' cognitive load perspectives, A Dissertation Presented in Partial Fulfillment Of the Requirements for the Degree, Doctor of Philosophy, Capella University.
- 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 Gerven, P. W. M., Paas, F., van Merriënboer, J. J. G., & Schmidt, H. G. (2002a). Cognitive load theory and aging: Effects of worked examples on training efficiency. *Learning and Instruction*, 12, 87–105.
- Van Gog, T. A. J. M., Paas, F., & van Merriënboer, J. J. G. (2004). Process-oriented worked examples: Improving transfer performance through enhanced understanding. *Instructional Science*, 32, 83- 98.
- 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. (1990). Strategies for programming instruction in high school: Program completion vs. program generation. *Journal of Educational Computing Research*, 6, 265-285.
- Van Merriënboer, J. J. G. (1997). Training complex cognitive skills: A four-component instructional design model for technical training. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- 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., & Kirschner, P. A. (2007). *Ten steps to complex learning*. Mahwah, NJ: Erlbaum/ Routledge.
- Van Merriënboer, J. J. G., Kester, L., & Paas, F. (2005, August). Teaching complex rather than simple tasks: Implications for instruction and dynamic task selection. Presentation held at the bi-annual conference of the European Association for Research on Learning and Instruction (EARLI), August 22-26, Nicosia, Cyprus.
- Yue Ma, Ed. D. (2008). The effects of computer animation in the design of instructional messages, Department of Educational Technology, Research & Assessment Northern Illinois University.