

## تأثیر الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای بر میزان بار شناختی بیرونی و مهارت حل مسئله در درس فیزیک

مصطفی سالاری\*، محمد حسن امیر تیموری\*\* و اسماعیل زارعی زوارکی\*\*\*

### چکیده

هدف از پژوهش حاضر، تعیین تأثیر الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای بر میزان بار شناختی بیرونی و مهارت حل مسئله در درس فیزیک بود. این پژوهش، از نظر هدف، کاربردی؛ و از نظر روش‌شناسی، در زمره پژوهش‌های آزمایشی است. طرح پژوهش از نوع پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه آزمایش و گروه کنترل می‌باشد. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه دانش‌آموزان پسر سال اول دبیرستان منطقه ۵ در سال تحصیلی ۹۲-۱۳۹۳ در شهر تهران بود. نمونه‌های پژوهش، با استفاده از روش نمونه‌گیری تصافی خوشه‌ای چند مرحله‌ای انتخاب شدند که شامل ۳۰ نفر بود و در دو گروه آزمایش (۱۵ نفر) و گروه کنترل (۱۵ نفر) به‌طور تصادفی قرار داده شدند. گروه آزمایش، در معرض متغییر مستقل (طراحی آموزشی درس فیزیک بر اساس الگوی چهار مؤلفه‌ای) قرار گرفت؛ و گروه کنترل با روش رایج آموزش دید. ابزار جمع‌آوری داده‌ها، مقایسه اندازه‌گیری ۹ درجه‌ای پاس (۱۹۹۲) بود که روایی صورتی آن مورد تأیید استادان و متخصصان قرار گرفت و پایایی آن با روش بازآزمایی ۰/۸۵ به‌دست آمد. ابزار دیگر، آزمون محقق ساخته مهارت حل مسئله بود که روایی صورتی آن توسط متخصصان و استادان مشخص شد و پایایی آن با استفاده از روش بازآزمایی ۰/۷۹ به‌دست آمد. سپس، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس. و با استفاده از آزمون‌های آماری تی مستقل (برای میزان بار شناختی بیرونی) و تحلیل کوواریانس (برای آزمون مهارت حل مسئله) تجزیه و تحلیل شد. نتایج پژوهش نشان داد که الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای بر کاهش میزان بار شناختی بیرونی گروه آزمایش نسبت به گروه گواه تأثیر معنی‌داری دارد. همچنین، یافته‌ها معنی‌داری افزایش میزان مهارت حل مسئله در گروه آزمایش را نسبت به گروه کنترل نشان داد. کلیدواژه‌ها: الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای، بار شناختی بیرونی، طراحی آموزشی، مهارت حل مسئله، یادگیری موضوعات پیچیده

\* نویسنده مسئول: دانشگاه آزاد اسلامی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد تهران مرکز، تهران، ایران.

m.salari67@yahoo.com :

\*\* استادیار گروه تکنولوژی آموزشی دانشگاه علامه طباطبائی

\*\*\* دانشیار گروه تکنولوژی آموزشی دانشگاه علامه طباطبائی

## مقدمه

یادگیری شامل نظریه‌های متعددی است که هر کدام بر بخش خاصی از شرایط و ویژگی‌های یادگیری انسان تأکید می‌کنند. یکی از نظریه‌های مهم یادگیری شناختی، نظریه خبرپردازی<sup>۱</sup> (پردازش اطلاعات) است. از ویژگی‌های اصلی این نظریه، نحوه توجه انسان به محیط، به رمز درآوردن اطلاعات و ربط دادن آن‌ها با اطلاعات موجود در حافظه، ذخیره‌سازی اطلاعات در حافظه، و بازیابی اطلاعات از حافظه هنگام نیاز است (سیف، ۱۳۹۲: ۱۹۴). به نقلی دیگر، موضوع‌های مهم در این رویکرد، فرآیندهای حافظه و تفکر است (بیابانگرد، ۱۳۹۱: ۲۳۵). حافظه، به نگهداری اطلاعات در گذر زمان اطلاق می‌شود (بیابانگرد، ۱۳۹۱: ۲۳۵). با توجه به الگوی سه مرحله‌ای اتکینسون و شیففرین (۱۹۶۸)، حافظه انسان در جریان پردازش اطلاعات دارای سه ساختار پردازشی است:

- ۱- ثبت حسی: مرحله‌ای که قبل از آگاهی کامل درباره اطلاعات، داده‌ها به درونداد وارد شده و برای مدت کوتاهی در آن نگهداری می‌شود (اتکینسون و شیففرین<sup>۲</sup>، ۱۹۶۸؛ به نقل از کدیور، ۱۳۹۰: ۱۶۴).
- ۲- حافظه کوتاه مدت<sup>۳</sup>: اگر اطلاعات دریافت شده در ثبت حسی مورد توجه قرار گیرند، به صورت الگوهای تصویری یا صوتی تبدیل می‌شوند و به حافظه کوتاه مدت انتقال می‌یابند (سیف، ۱۳۹۲: ۱۹۷). عمل پردازش اطلاعات در حافظه کوتاه مدت با دو محدودیت گنجایش و دوام یا مدت، همراه است (کدیور، ۱۳۹۰: ۱۶۸).
- ۳- حافظه بلند مدت<sup>۴</sup>: اطلاعاتی که برای نگهداری دائمی انتخاب می‌شوند، وارد ساختار سوم یا حافظه بلند مدت می‌شوند (بیابانگرد، ۱۳۹۱: ۲۴۷). اطلاعات وارد شده به حافظه کوتاه مدت در صورت تکرار و مرور و مرتبط گشتن با اطلاعات قبلی وارد حافظه بلند مدت می‌شوند. نظریه ظرفیت پردازش اطلاعات در ارتباط با توجه، ابتدا در جهت توضیح توانایی محدود افراد برای انجام فعالیت‌های چندگانه به‌طور همزمان، شکل گرفت. این نظریه، بدون مشخص کردن ماهیت ظرفیت یا منابع ذهن، توجیهی را برای ضعف عملکرد ذهن در مواقعی

- 
1. Information Processing Theory
  2. Atkinson & Shiffrin
  3. Short-term Memory
  4. Long-term Memory

که منابع مورد نیاز برای انجام وظایف، فراتر از منابع موجود باشد، فراهم آورد (کافمن<sup>۱</sup>، ۱۹۷۳؛ ناوان<sup>۲</sup>، ۱۹۸۴؛ به نقل از کالیوگا<sup>۳</sup>، ۱۳۹۱: ۵۹).

در چارچوب الگوی معماری بنیادی شناخت انسان، حافظه فعال با محدودیت‌های ظرفیت و مصرف منابع شناختی مواجه است. مطالعات صورت گرفته در مورد پدیده بار شناختی در طی حل مسائل، نشان داده‌اند زمانی که بار شناختی بیش از ظرفیت حافظه فعال باشد، یادگیری موضوع مورد نظر دشوار خواهد بود و این امر مانع اکتساب طرحواره و خودکار شدن قاعده‌ها خواهد شد. براین اساس، بیان شده است که علت غیرمؤثر بودن تعداد زیادی از مواد آموزشی سنتی، بی‌توجهی آن‌ها به محدودیت‌های نظام پردازش اطلاعات انسان و محدودیت‌های ظرفیت پردازش حافظه فعال می‌باشد.

نظریه‌ای که به بحث در مورد فرآیندهای شناختی و حافظه، حل مسئله، و نیز آموزش در زمینه بار شناختی می‌پردازد، نظریه بار شناختی<sup>۴</sup> است. این نظریه، چارچوبی را برای تحقیقات در فرآیندهای شناختی و طراحی آموزشی فراهم می‌کند (پاس، رنکل و سوئلر<sup>۵</sup>، ۲۰۰۳: ۱). مفهوم بار شناختی را در نظریه بار شناختی سوئلر می‌توان جست‌وجو کرد. این نظریه، ساختار سیستم پردازش اطلاعات، شامل حافظه کوتاه مدت و اساس حافظه کاری (که اجرای وظایف ذهنی، همراه با هشپاری است) را شرح می‌دهد. اگر توجه زیادی به نقش و محدودیت‌های حافظه کاری بشود، هدف اصلی نظریه بار شناختی در طراحی آموزشی بر جسته خواهد بود (سوئلر، آیرس و کالیوگا، ۲۰۱۱: ۴۲).

در نظریه بار شناختی، سه منبع مؤثر بر ظرفیت حافظه فعال معرفی شده‌اند:

۱- بار شناختی درونی<sup>۶</sup>: کنش بین طبیعت وظایف یادگیری و خبرگی یادگیرنده است و براساس پیچیدگی ذهنی مواد آموزشی مورد یادگیری مشخص می‌شود (کالیوگا، ۱۳۹۱: ۶۰). به عبارتی دیگر، این بار از پیچیدگی ذاتی محتوای آموزشی نشأت می‌گیرد و نشان‌دهنده سطح دشواری این محتوا برای یادگیری است. برای مثال، محاسبه جواب دو به علاوه دو، بار

1. Kahneman
2. Navon
3. Kalyuga
4. Cognitive Load Theory
5. Paas, Renkel & Sweller
6. Intrinsic cognitive load

شناختی درونی کمتری را نسبت به محاسبه جواب یک معادله جبری بر حافظه فعال یادگیرنده وارد می‌کند. علت اصلی تحمیل این بار توسط محتوای آموزشی پیچیده‌تر، این است که عناصر این نوع محتواهای آموزشی، نسبت به محتواهای آموزشی ساده‌تر، از تعامل عناصری بیشتری با یکدیگر بهره‌مند هستند و این عناصر باید به‌طور همزمان و یکجا در حافظه فعال یادگیرنده قرار گیرند (موسی رضانی، کنعانی و ولایتی، ۱۳۹۲؛ ۱۱۱-۱۲۲).

۲- بار شناختی بیرونی<sup>۱</sup>: بار شناختی بیرونی، می‌تواند ناشی از شکل‌های گوناگون طراحی و ارائه محتوای آموزشی به یادگیرندگان (نظیر ارائه‌های نوشتاری، نمایش عملی، یا فعالیت‌هایی مانند حل مسئله، و مطالعه مثال‌های عملی) باشد (کالیوگا، ۱۳۹۱: ۶۰). بار شناختی بیرونی، هنگام طراحی یا آرایش مواد آموزشی شکل می‌گیرد. با کاربرد دقیق توصیه‌های طراحی آموزشی و اصول طراحی پیام، می‌توانیم بار شناختی بیرونی وارد بر یادگیرنده را کنترل کنیم. این بار، توسط ساختار درونی اطلاعات تحمیل نمی‌شود، بلکه حاصل طریقه‌ای است که اطلاعات با آن به یادگیرندگان ارائه می‌شوند. به‌عبارت دیگر، علاوه بر طبیعت مطالب آموزشی، طبیعت طراحی آموزشی استفاده شده برای ارائه مطالب نیز می‌تواند بار شناختی‌ای را بر یادگیرندگان تحمیل کند که در بسیاری از شرایط غیرضروری می‌باشد (امیر تیموری و زارع، ۱۳۹۴).

۳- بار شناختی مطلوب<sup>۲</sup>: باری است که به‌طور مستقیم در یادگیری همکاری دارد. ساخت یادگیرندگان از پردازش‌ها و ساختارهای ذهنی است که عملکرد را بهبود می‌دهد و برای اشاره به مقتضیات مرتبط با یادگیری در حافظه فعال می‌باشد؛ مانند به زبان آوردن مراحل انجام یک کار هنگام یادگیری آن (کالیوگا، ۱۳۹۱: ۶۰). اصطلاح بار شناختی مطلوب اغلب برای اشاره به منابع مطلوب برای یادگیری مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخلاف بار شناختی درونی و بیرونی، که توسط ساختار مطالب مورد یادگیری و چگونگی ارائه آن‌ها تحمیل می‌شوند، بار شناختی مطلوب توسط مطالب مورد یادگیری تحمیل نمی‌شود. این بار، مربوط به عوامل دیگری است که می‌توان آن‌ها را به‌عنوان منابع حافظه کاری اختصاص یافته به اطلاعات مربوط به یادگیری تلقی کرد. بار شناختی مطلوب، به تلاش‌های ذهنی یادگیرنده گفته می‌شود که برای کسب

1. Extraneous cognitive load

2. Germane cognitive load

طرحواره‌های ذهنی جدید، یادگیری محتوای آموزشی، و خودکارسازی یادگیری خود متحمل می‌شود. دانش و مهارت‌هایی که به‌طور مکرر توسط یادگیرنده استفاده می‌شوند، می‌توانند به-تدریج و به‌طور خودکار و بدون صرف کوشش هوشیارانه سطح بالا از طرف او به‌کار روند. خودکارسازی محتوای یاد گرفته شده می‌تواند بر محدودیت‌های حافظه فعال غلبه کند و موجب کاهش بار شناختی شود (امیر تیموری و زارع، ۱۳۹۴).

توجه به اصول نظریه بار شناختی<sup>۱</sup> و در نظر گرفتن سه نوع بار مطرح در این نظریه می-تواند راهی برای نیل به اهداف آموزشی و تربیتی در هر نوع نظام آموزشی باشد. چنانچه در پژوهش ناظم‌زادگان و همکاران (۱۳۸۹)، تمرین با بارشناختی زیاد بردقت تکلیف هماهنگی دو دستی اثر می‌گذارد و براساس یافته‌های این تحقیق، درفعالیت‌هایی که نیازمند تخصیص توجهند، چنانچه تمرین، با بار شناختی بیرونی بالا انجام گیرد، ممکن است ظرفیت توجه تغییر یافته و در مهارت‌های نیازمند توجه به واسطه تغییر ظرفیت، مهارت بعد از پردازش اطلاعات، گسترش پیدا کند.

لویز و اندرسون<sup>۲</sup> (۱۹۸۵) نیز در پژوهش خود نشان دادند که روش‌های مرسوم حل مسئله هدف مدار می‌توانند مانع یادگیری ابعاد اساسی ساختار مسئله شوند. راهبرد هدف-وسيله، دربردارنده گام‌های به هم پیوسته متعددی از قبیل تفاوت‌های موجود بین حالت‌های مسئله، یافتن عملگرهایی برای کاهش این تفاوت‌ها، مد نظر قرار دادن اهداف جزئی، و مانند آن است که ممکن است بار شناختی قابل توجهی را بر فرد تحمیل کنند. به‌عبارتی، جزءنگری و دنباله-روی فرآیند خطی در حل مسئله باعث افزایش بار شناختی بیرونی زیادی می‌شود.

ترمیزی و سوئلر<sup>۳</sup> (۱۹۸۸)، اظهار می‌دارند بار شناختی بیرونی وقتی می‌تواند کاهش یابد که فعالیت‌های شناختی یادگیرندگان مبتدی، معطوف به حالت‌های مسئله باشد. در این وضعیت، یادگیرنده بر روی هر حالت ممکن مسئله و هر نوع اقدامی که برای او یک حالت جدید از این مسئله را به ارمغان می‌آورد تمرکز می‌کند، و سپس همین اقدامات را برای حالت بعدی مسئله انجام می‌دهد و به همین شکل پیش می‌رود. به این ترتیب، از آنجا که هیچ فعالیت بی‌ارتباط با

۱. در این مقاله مجالی برای بحث در مورد این اصول وجود ندارد، علاقه‌مندان می‌توانند به سویلر، آیرس، کالیوگا (۲۰۱۱)، رجوع نمایند.

2. Lewis & Anderson

3. Tarmizi & Sweller

کسب طرحواره صورت نمی‌گیرد، بار شناختی کاهش می‌یابد و یادگیری تقویت می‌شود. در این میان، باید اظهار داشت که ارتباط اصول و انواع بار شناختی با طراحی آموزشی، ارتباطی دوسویه است که با تأثیرگذاری و تأثیرپذیری از یکدیگر موجب یادگیری مؤثر و پایدارتری می‌شوند.

پژوهش محبوبی و همکاران (۱۳۹۱)، بیانگر این موضوع است. در این پژوهش اظهار شده است که رعایت اصول چهارده گانه طراحی آموزشی ون مرینبور و کستر (۲۰۰۵)، بر کاهش بارشناختی گروه آزمایش نسبت به گروه گواه تأثیر معنی‌داری دارد و بار شناختی بیرونی را کاهش می‌دهد.

بنا به گفته نوروژی و رضوی (نوروژی و رضوی، ۱۳۹۱: ۱۰)، مطالبی که ما در معرض یادگیری آن هستیم، بیشتر جنبه اطلاعاتی دارد و از ساختار آموزشی برخوردار نیست، چراکه برای یادگیری هر موضوع یا مطلبی، باید ساختارهای طراحی و آموزشی آن مطالب رعایت شود تا به یادگیری مؤثر، عمیق، و کاربردی ختم شود. به‌طورکلی، طراحی آموزشی خوب باید بار شناختی بیرونی را کاهش دهد و بار شناختی مطلوب را -که در محدوده‌ای از ظرفیت قابل دسترسی برای جلوگیری از بارشناختی اضافی است- بهینه کند (پاس، رنکل و سویلر، ۲۰۰۳: ۳).

در مورد طراحی آموزشی تعریف‌های متعددی ارائه شده است. به تعریف رایگلوث<sup>۱</sup> (۱۹۸۳: ۷)، طراحی آموزشی «دانشی است که فعالیت‌های آموزشی برای بهینه‌سازی پیامدهای مطلوب مانند پیشرفت تحصیلی و تأثیر آن را تجویز می‌کند». تعریف دیگر از ریچی و همکاران<sup>۲</sup> (۱۳۹۱: ۲۵) است: «طراحی آموزشی، علم و هنر تعیین خصوصیات مفصل برای توسعه، ارزشیابی، و حفظ موقعیت‌هایی که یادگیری و عملکرد را تسهیل می‌کنند».

الگوها، به درک مطلب و نظریه‌سازی کمک می‌کنند و ابزاری سودمند برای سازماندهی و تعیین مجموعه‌ای از اطلاعات و دانش هستند (ارنشتاین و هایکینز<sup>۳</sup>؛ به نقل از نوروژی و رضوی، ۱۳۹۱: ۱۷۴). الگوی طراحی آموزشی را نیز می‌توان نوعی بازنمایی فرآیند طراحی

- 
1. Reigeluth
  2. Ritchy
  3. Arnshtayn & Hankynz

آموزشی دانست که در آن عناصر اصلی یا مراحل طراحی آموزشی و روابط بین آن‌ها نشان داده شده است (چن<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸؛ به نقل از نوروزی و رضوی، ۱۳۹۱: ۱۷۴). با پیروی از الگو، طراح آموزش اطمینان می‌یابد که فرآیند طراحی، جامع و نظام‌مند است و موجب کیفیت برتر محصول و مهم‌تر از آن عملکرد موفق یادگیرنده خواهد شد (موریسون، روس و کمپ<sup>۲</sup>، ۱۳۸۷: ۱۰).

نظریه‌های آموزشی اخیر و رویکردهای آموزشی و عملی بسیاری در به‌کارگیری وظایف پیچیده جهان واقعی وجود دارند که انتظار می‌رفت به یادگیرندگان در یکپارچگی دانش، مهارت‌ها، و هدایت‌های ضروری برای عملکرد وظایف اثربخش در حرفه یا زندگی امروزی کمک کنند (مربل<sup>۳</sup>، ۲۰۰۲: ۴۳). ممکن است هرکدام از این نظریه‌ها، روش‌ها، و رویکردها برای انواع مختلف موضوعات آموزشی کاربرد اثربخشی نداشته باشند. لذا بنا به گفته فردانش، هر الگوی طراحی آموزشی بنا به نتایج، شرایط و روش‌های متعدد در انواع موقعیت‌های آموزشی کارآیی خاص خود را دارد (۱۳۹۱: ۷۶). یکی از معیارها در انتخاب الگوهای طراحی آموزشی سادگی یا پیچیدگی موضوع درسی است.

تحقیقات نشان می‌دهد که بسیاری از روش‌های آموزشی که برای موضوعات ساده خوب کار می‌کنند، برای موضوعات پیچیده کارآمد نیستند و بالعکس. شیوه یادگیری موضوعات پیچیده با شیوه یادگیری موضوعات ساده بسیار متفاوت است. موضوعات پیچیده، دارای بار شناختی بالایی در حافظه کاری ما هستند و اگر این نوع موضوعات را بدون راهکار و شیوه مناسب، به‌خصوص در آغاز آموزش ارائه دهیم، سبب وارد آمدن بار شناختی زیادی بر یادگیرنده می‌شود و در نهایت، بر یادگیری اثر منفی دارد (ون مرینبور، کلارک و دکروک، ۲۰۰۲: ۴۴). یادگیری وظایف پیچیده بر اهداف یادگیری ترکیبی و اهداف عملکردی چندگانه متمرکز است و در بردارنده وظایفی است که در زندگی یا شغل یافت می‌شوند. این اهداف کلی یادگیری، هماهنگی و کاربرد انتقال مهارت‌ها را ارتقا می‌دهند که ترکیبی از یادگیری پیچیده است (ون مرینبور، کلارک و کروک<sup>۴</sup>، ۲۰۰۲: ۴۰). لذا طراحی آموزشی وظایف پیچیده

1. Chen
2. Morrison, Ross & Kemp
3. Merrill
4. Van Merriënboer, Clark & Croock

دارای سطوح بالای بار شناختی درونی، نیازمند کاهش بار شناختی بیرونی و بهینه کردن بار شناختی مطلوب است (پلاس، مورنو و بروکن<sup>۱</sup>، ۲۰۱۰: ۱۱۱).

اگر در طراحی آموزشی، آزمون ما مبتنی بر حل مسئله باشد، می‌توان مهارت حل مسئله را سنجید. مهارت حل مسئله نه تنها موجب دستیابی دانش‌آموزان به مجموعه‌هایی از اهداف ناظر بر رشد عقلانی از قبیل ادراک صحیح مطلب، مقایسه نظریات، درک ارتباط میان مطالب، استنتاج و استدلال، ارزیابی و قضاوت می‌شود؛ بلکه در زمینه اجتماعی نیز موجب می‌شود دانش‌آموزان مهارت‌های اجتماعی را بیاموزند. قرار گرفتن دانش‌آموزان در موقعیت حل مسئله موجب برهم خوردن تعادل برقرار شده میان دانش‌آموز و محیط می‌شود و این پدیده همان چیزی است که پیازه آن را کلید رشد عقلانی یا تقویت ساختارشناختی می‌داند (شعبانی، ۱۳۹۱: ۴۵). در مهارت حل مسئله، به جای انباشت داده‌ها، اطلاعات در ذهن موجب کنش متقابل فرد با محیط می‌شود و از طریق کسب تجارب علمی جدید، قدرت قضاوت علمی و بازسازی اندیشه فرد را توسعه می‌دهد (گانیه، ۱۳۶۱: ۲۱۸). گانیه<sup>۲</sup>، حل مسئله را فرآیندی می‌داند که در آن، فراگیر، اصول یادگرفته شده پیشین را در هم می‌آمیزد تا بتواند مسئله جدیدی را حل کند. بدین ترتیب، حل مسئله، فقط کاربرد اصول یادگرفته شده پیشین نیست، بلکه فرآیندی است که یادگیری جدیدی را فراهم می‌کند (۱۳۶۱: ۲۰۷).

ون مرینبوئر و همکارانش، در آغاز دهه ۱۹۹۰ الگوی طراحی آموزشی چهارمؤلفه-ای (4C/ID) را به منظور طراحی برنامه‌های کارآموزی و آموزش موضوعات پیچیده تدوین کردند (نوروزی و رضوی، ۱۳۹۱: ۲۹۵). این الگو شامل چهار مؤلفه است: وظایف یادگیری، اطلاعات پشتیبان، اطلاعات به موقع، و تمرین خرده وظیفه‌ها. ون مرینبوئر و همکاران، برای یادگیری موضوعات پیچیده ده گام را پیشنهاد می‌کنند: (۱) طراحی وظایف یادگیری، (۲) ترتیب و توالی طبقات وظایف، (۳) تنظیم اهداف عملکردی، (۴) طراحی اطلاعات پشتیبان، (۵) تحلیل راهبردهای شناختی، (۶) تحلیل مدل‌های ذهنی، (۷) اطلاعات روندی، (۸) تحلیل قواعد شناختی، (۹) تحلیل دانش پیش‌نیاز، و (۱۰) طراحی تمرین خرده وظیفه‌ها.

این الگو، روش‌هایی را برای تحلیل مهارت‌های پیچیده، تعیین ساختارهای شناختی لازم

1. Plass, Moreno & Brunken
2. Gagne

برای انجام آن مهارت‌ها، و توسعه توالی مناسب از موقعیت‌های تمرین کامل کار، که در حمایت از کسب آن مهارت است، توصیه می‌کند. این الگو، محدودیت ظرفیت پردازشی حافظه فعال را با افزایش تدریجی بار شناختی وارد شده از طریق توالی‌های کل کار مورد توجه قرار می‌دهد (ون مرینبور، کیرچنر و کستر<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳؛ به نقل از کالیوگا، ۱۳۹۱: ۵۵).

در برنامه‌های آموزشی، که به منظور یادگیری موضوعات پیچیده تهیه شده است، نه تنها باید به هماهنگی و ترکیب مهارت‌های تشکیل دهنده یک وظیفه توجه کرد، بلکه باید تفاوت‌های کیفی در عملکرد مورد انتظار از یادگیرنده را در مورد هر یک از این مهارت‌ها مد نظر قرار داد. به منظور شناسایی تفاوت‌های کیفی موجود در عملکرد مورد انتظار از هر یک از مهارت‌های تشکیل دهنده یک وظیفه، می‌توان آن‌ها را به دو گروه اصلی طبقه‌بندی کرد. گروه نخست، مهارت‌هایی هستند که بی‌ثبات<sup>۲</sup> نام دارند. مهارت‌های بی‌ثبات با تغییر موقعیت مسائل تغییر می‌کنند و به منظور انجام دادن آن‌ها که خود نوعی حل مسئله است، از طرحواره شناختی استفاده می‌شود (ون مرینبور، کلارک و کروک، ۲۰۰۲: ۴۲). طرحواره، دانش عینی و تعمیم یافته است که موجب تسهیل مهارت از یک موقعیت به موقعیت دیگر می‌شود. طرحواره‌ها، باید از تجارب عینی برای یادگیرندگان فراهم شود. همچنین، طرحواره باید انتزاعی باشد نه جزئی (ون مرینبور و کیرچنر ۲۰۰۷: ۲۴۵).

گروه دوم، مهارت‌های باثبات<sup>۳</sup> نام دارند. اینگونه مهارت‌ها نسبت به مهارت‌های گروه نخست روند واضح‌تری دارند و اجرای آن‌ها به شیوه‌ای ثابت صورت می‌گیرد. بنابراین، چنانچه موقعیت مسئله تغییر کند، اجرای این مهارت‌ها هم از روند مشخصی پیروی می‌نماید. اینگونه مهارت‌ها با کمک مجموعه‌ای از قواعد مشخص انجام می‌گیرد. این قواعد، ویژگی‌های خاص یک موقعیت مسئله را به اعمال ویژه مورد نیاز برای دستیابی به پاسخ مورد نظر ربط می‌دهد (ون مرینبور، کلارک و کروک، ۲۰۰۲: ۴۳).

دسته‌بندی مهارت‌ها به دو گروه بی‌ثبات و باثبات اهمیت ویژه‌ای دارد، چرا که فرآیندهای یادگیری مربوط به این دو نوع مهارت با یکدیگر تفاوت‌های اساسی دارد. فرآیندهای یادگیری

- 
1. Kirschner & Kester
  2. Non recurrent
  3. Recurrent

مربوط به ابعاد بی‌ثبات و وظایف پیچیده و یادگیری کلی آن از طریق فرآیند ایجاد طرحواره<sup>۱</sup> صورت می‌گیرد. بنابراین، در عمل باید یادگیرندگان را تشویق کرد تا از تجارب عینی قابل دسترس، طرحواره‌های لازم را بسازند. در این صورت، طرحواره‌های ساخته شده، با تجارب شاگرد تناسب بیشتری دارد. بنابراین، به منظور طراحی تجارب عینی در آموزش موضوعات پیچیده باید از استقرا<sup>۲</sup> استفاده کرد. از نظر نحوه ارائه اطلاعات، یادگیرنده باید تشویق شود اطلاعات جدید را با طرحواره‌های شناختی خود مربوط سازد. بدین سان، طرحواره‌های شناختی شاگرد بازسازی می‌شود و از طریق اطلاعات جدید و مرتبطی که دریافت کرده است امکان انجام دادن مهارت مورد نظر را به شاگرد می‌دهد. در این مرحله، اطلاعاتی که یادگیرنده دریافت می‌کند به ابعاد بی‌ثبات یادگیری مربوط می‌گردد (نوروزی و رضوی، ۱۳۹۱: ۲۶۲).

اصطلاح وظایف یادگیری به کار برده شده در اینجا معمولاً برای در برگرفتن مطالعات موردی، پروژه‌ها، و مسائل می‌باشد. آن‌ها تجارب کلی و معتبر از وظیفه، مبتنی بر وظایف واقعی هستند که هدفشان یکپارچه‌سازی مهارت‌ها، دانش، و نگرش‌هاست. به طور کلی، ارائه مجموعه‌ای از وظایف یادگیری با تنوع بالاست که در طبقه‌های وظیفه<sup>۳</sup> [از] آسان به مشکل سازماندهی شده است و در هر مرحله از کار، کاهش حمایت از یادگیرنده را به همراه دارد.

اطلاعات پشتیبان کمک می‌کند تا دانش‌آموزان انجام جنبه‌های بی‌ثبات وظایف یادگیری را یاد بگیرند که اغلب شامل حل مسئله و استدلال می‌باشد. اطلاعات پشتیبان چگونگی سازماندهی یک حیطه و چگونگی برخورد با مسائل در آن حیطه را توضیح می‌دهد. اطلاعات پشتیبان در هر طبقه از وظیفه مشخص می‌شود و همیشه در دسترس یادگیرندگان است. این اطلاعات، نوعی پل ارتباطی است بین آنچه یادگیرندگان می‌دانند و آنچه که آن‌ها نیاز به دانستن آن برای کار روی وظایف یادگیری دارند.

اطلاعات رویه، به دانش‌آموزان اجازه می‌دهد برای یادگیری به هر طریقه‌ای، جنبه‌های بی‌ثبات از وظایف یادگیری را به همان شیوه‌ای که هستند، انجام دهند. این اطلاعات مشخص می‌کند که دقیقاً چگونه به انجام جنبه‌های بی‌ثبات وظیفه پرداخت و بهترین زمان آن وقتی است

## 1. Schema construction

## 2. Induction

۳. طبقه‌های وظیفه (Task Classes): اقلام وظایف یادگیری، هر کدام نماینده نسخه‌ای از وظیفه با دشواری خاص هستند که طبقه‌های وظیفه نامیده می‌شوند.

که شاگردان به آن نیاز دارند. اطلاعات رویه‌ای به منظور به دست آوردن تخصص بیشتر یادگیرندگان به سرعت محو می‌شود.

در نهایت، تمرین خرده وظیفه، مربوط به تمرین اضافی جنبه‌های با ثبات است و یادگیرندگان می‌توانند سطح بالایی از خودکارسازی را توسعه دهند. تمرین خرده وظیفه به طور معمول، مقدار بسیاری از وظایف تکراری را ایجاد می‌کند.

هریک از چهار مؤلفه مطابق با گام طراحی خاصی است. در این روش، طراحی وظایف یادگیری مطابق با گام ۱، طراحی اطلاعات پشتیبان گام ۴، طراحی اطلاعات رویه‌ای گام ۷، و طراحی تمرین خرده وظیفه با گام ۱۰، صورت می‌گیرد. شش گام دیگر مکمل هستند و در مواقع ضروری صورت می‌گیرند. گام ۲، به عنوان مثال، سازماندهی وظایف یادگیری در طبقه بندی‌های آسان به مشکل [است] و برای اطمینان از این است که دانش‌آموزان بر روی وظایفی که از ساده شروع و همواره بر سختی آن افزوده می‌شود، کار می‌کنند؛ و گام ۳، استانداردهایی برای عملکرد قابل قبول وظیفه را مشخص می‌کند که برای ارزیابی عملکرد و تهیه بازخورد لازم است. گام‌های ۵ و ۶، برای تجزیه و تحلیل عمیق اطلاعات پشتیبان جهت یادگیری انجام جنبه‌های غیرمعمول وظایف یادگیری لازم‌اند. در پایان، گام‌های ۸ و ۹، ممکن است برای تجزیه و تحلیل عمیق اطلاعات رویه‌ای به منظور عملکرد جنبه‌های با ثبات وظایف یادگیری ضروری باشند (نک به: ون مرینبور، کلارک و کروک، ۲۰۰۷).

اثر بخشی این الگو در بسیاری از پژوهش‌هایی که با یادگیری موضوعات پیچیده درگیر بوده‌اند، به تأیید رسیده است از جمله: سارفو و الین<sup>۱</sup> (۲۰۰۷)، که برای توسعه تخصص فنی در راستای ارتقای مهارت‌های آی‌سی‌تی از این الگو استفاده نمودند. نتایج پژوهش آن‌ها از اثر بخشی یادگیری محیط‌های یادگیری مبتنی بر الگوی چهارمؤلفه‌ای در ارتقای توسعه تجارب فنی در آموزش فنی ۲ نسبت به تدریس طراحی شده آنلاین با روش رایج حکایت داشت. پژوهش لیم<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۸)، بیانگر برتری موقعیت کل وظیفه مبتنی بر الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای در فرآیند اکتساب و انتقال مهارت پیچیده (مقدمات اکسل) در معلمان

1. Sarfo, & Elen

2. Lim

ضمن خدمت نسبت به رویکرد خرده وظیفه رایج است. جاکوب<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) نیز در پژوهش خود اثر الگوی چهارمؤلفه‌ای را برای یادگیری مفهوم پیچیده «اشاعه نوآوری‌ها» از طریق بازی نشان داد و تأثیر این الگو را از طریق پیش‌آزمون و پس‌آزمون سنجید و به این نتیجه دست یافت که طراحی بازی آموزشی از طریق این الگو هم یادگیری مفاهیم را جذاب‌تر کرده و هم یادگیری را کارآمدتر و مؤثرتر می‌کند. همچنین، در پژوهش ساسیلو و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۳)، به طراحی یک دوره آموزشی مداوم در مهارت‌های ارتباطی برای سلامتی متخصصان در زمینه اجتماعی، بر اساس مدل طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای پرداختند. نتیجه این پژوهش این بود که مدل الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای به گسترش مداخلات آموزشی برای حرکت از پارادایم سخنرانی به سوی وظایف یادگیری پرداخته و یادگیرندگان را برای تمرین‌های واقعی بهتر آماده می‌کند.

در بیان اهمیت این تحقیق باید خاطر نشان ساخت که یکی از اهداف مهم تعلیم و تربیت آماده کردن دانش‌آموزان برای سازگاری و انعطاف‌پذیری با مشکلات و مسائل جدید است. گانیه بیان می‌کند که امکانات یادگیری در مدارس باید دانش‌آموزانی با مهارت و دارای پیشینه در انجام کارهای عملی در زندگی یا شغلشان فراهم کند (۱۳۶۱: ۲۰۸). تحقق این امر با آموزش و یادگیری سروکار دارد. اگر موضوعات درسی از پیچیدگی و دشواری قابل ملاحظه-ای برخوردار باشند، دستیابی به این هدف مهم تعلیم و تربیت با سختی مواجه می‌شود.

باتوجه به مطالب مذکور لازم است که نظام آموزش سنتی به محدودیت‌های نظام پردازش اطلاعات انسان و نیز محدودیت‌های ظرفیت پردازش حافظه فعال، توجه کرده و با به‌کارگیری الگوی طراحی آموزشی متناسب با موقعیت‌ها و موضوع‌های آموزشی خاص در صدد ایجاد یادگیری مؤثر و کاربردی برای حل مسائل در جهان واقعی امروز باشد. شیوه‌های آموزش سنتی، در شرایطی که موضوع مورد یادگیری پیچیده باشد کارآمد نیست و باعث وارد شدن بارشناختی بیرونی زیادی بر فراگیر می‌شود و در نتیجه به کاهش یادگیری منجر می‌شود. از طرفی، شاید نتوان به‌درستی مهارت حل مسئله را در این شیوه‌های آموزشی پرورش داد. از آنجاکه درس فیزیک اول دبیرستان دارای تعامل بین عناصری بالایی است و می‌توان گفت که

1. Jacob
2. Susilo

تمام عناصر به‌نحوی با یکدیگر در ارتباطند، در نتیجه این درس موضوعی پیچیده قلمداد می‌شود که یکی از بهترین شیوه‌ها برای آموزش اینگونه دروس استفاده از الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای است. با توجه به اینکه بار شناختی بیرونی بالا (که نشأت گرفته از ارائه طراحی آموزش نامناسب است) یکی از دلایل مهم نارسایی در یادگیری است و از طرفی ویژگی درس فیزیک به‌صورتی است که موضوعات یادگیری آن باید در مسائل روزمره و جهان واقعی به‌کار روند، این پژوهش به‌دنبال کاهش بارشناختی و افزایش حل مسئله در درس فیزیک اول دبیرستان بود. الگوی طراحی آموزشی ون مرینبوئر دارای مؤلفه‌ها و گام‌هایی است که به‌نظر می‌رسد بارشناختی بیرونی موضوعات پیچیده را کم می‌کند و بار شناختی بیرونی پایین که ناشی از طراحی آموزشی خوب است، بار شناختی مطلوب را بهینه می‌کند و می‌توان انتظار داشت که مهارت حل مسئله در دانش‌آموزان تقویت شود.

بر این اساس فرضیه‌های این پژوهش عبارت‌اند از:

۱. میزان بار شناختی بیرونی ایجاد شده در دانش‌آموزانی که با روش آموزشی مبتنی بر الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای، آموزش می‌بینند کمتر از دانش‌آموزانی است که با روش آموزشی رایج آموزش می‌بینند؛ و
۲. مهارت حل مسئله در دانش‌آموزانی که با روش مبتنی بر الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای آموزش می‌بینند، بیشتر از دانش‌آموزانی است که با روش آموزش رایج آموزش می‌بینند.

## روش

این پژوهش به لحاظ ماهیت موضوع، اهداف و فرضیه‌های آن و به‌دلیل استفاده از نتایج آن در زمینه آموزش و یادگیری از نوع کاربردی است و به‌دلیل عدم امکان کنترل تمامی متغیرهای مداخله‌گر، در زمره طرح‌های نیمه آزمایشی به‌شمار می‌رود که در آن از طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل استفاده شده است. جامعه آماری مورد نظر در این پژوهش کلیه دانش‌آموزان پسر سال اول دبیرستان منطقه ۵ تهران در سال ۹۲-۱۳۹۳ بود. نمونه پژوهش از طریق روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چند مرحله‌ای بین ناحیه‌های منطقه ۵، ناحیه ۴ به‌طور تصادفی انتخاب و از بین دبیرستان‌های این ناحیه، یک دبیرستان به‌طور تصادفی انتخاب شد.

این دبیرستان شامل ۲ کلاس پسر اول دبیرستان بود که هر دو کلاس اول دبیرستان به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. این پژوهش در نیمسال دوم تحصیلی ۹۲-۱۳۹۳ و در ساعات رسمی مدرسه انجام شد. یکی از کلاس‌ها به‌عنوان گروه آزمایش و کلاس دیگر به‌عنوان گروه کنترل انتخاب شدند. از هر دو کلاس، ۳۰ نفر، با توجه به نمره فیزیک آن‌ها در نیمسال گذشته، انتخاب و به‌صورت تصادفی در دو گروه کنترل و گواه جایگزین شدند (هر گروه ۱۵ نفر). قرار دادن افراد در دو گروه آزمایش و کنترل از طریق قرعه صورت گرفت؛ بدین‌گونه که اسامی افراد بر روی کاغذ نوشته شد و در یک ظرف قرار گرفت و از هر کلاس ۱۵ نفر به‌صورت تصادفی انتخاب گردید و به‌صورت تصادفی در دو گروه جایگزین شدند. لازم به ذکر است که معلم آموزش‌دهنده درس فیزیک در این دو کلاس یک معلم بود و زنگ اول به گروه کنترل و در زنگ دوم به گروه آزمایش آموزش می‌داد.

**ابزار اندازه‌گیری داده‌ها:** در این پژوهش از مقیاس یک سؤالی اندازه‌گیری بار شناختی بیرونی پاس (۱۹۹۲) استفاده شد که دارای ۹ درجه است (شما برای حل یا مطالعه مسائل درس، چقدر تلاش ذهنی صرف کردید؟ یکی از گزینه‌های زیر را انتخاب کنید: خیلی خیلی کم، خیلی کم، کم، نسبتاً کم، نه خیلی کم، نه خیلی زیاد، نسبتاً زیاد، زیاد، خیلی زیاد، خیلی خیلی زیاد) که برای اندازه‌گیری بار شناختی بیرونی استفاده شد. روایی و پایایی مقیاس اندازه‌گیری بار شناختی بیرونی، با توجه به مطالعه پاس، مرینوئر، و آدام<sup>۱</sup> (۱۹۹۴)، میزان آلفای کرونباخ مقیاس اندازه‌گیری بار شناختی ۰/۹۰ و ۰/۸۲ گزارش شده است. در پژوهش محبویی و همکاران (۱۳۹۱) نیز با عنوان «تأثیر رعایت اصول طراحی آموزشی بر بار شناختی موضوعات یادگیری در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای» روایی درونی مقیاس بار شناختی از طریق آلفای کرونباخ ۰/۸۶ به‌دست آمد و ضریب همبستگی به‌دست آمده از اعتبار بازآزمایی این پژوهش ۰/۸۳ به‌دست آمده بود. در این پژوهش نیز روایی صوری این مقیاس با توجه به نظر استادان و متخصصان بار شناختی به تأیید رسید (لازم به ذکر است که این پرسشنامه از نظریه-پردازان بار شناختی طبق مکاتبات الکترونیکی تهیه شده است) و پایایی مقیاس اندازه‌گیری بار شناختی بیرونی، با استفاده از روش بازآزمایی بود. بدین صورت که این مقیاس بر روی ۱۰ نفر از اعضای هر دو کلاس مورد نظر به‌طور تصادفی اجرا و سپس بعد از ۱۵ روز دوباره این

مقیاس بر همان ۱۵ نفر اجرا شد. ضریب همبستگی به‌دست آمده از اعتبار بازآزمایی این مقیاس ۰/۸۵ به‌دست آمد. برای نمره‌گذاری آزمون مقیاس اندازه‌گیری بار شناختی پس از پایان هر جلسه (در مجموع به تعداد ۵ جلسه) اجرا شد. نمرات هر فرد (از ۱ تا ۹) را جمع و بر تعداد جلسات برگزاری (۵) تقسیم شد، تا میانگین بار شناختی بیرونی برای هر فرد محاسبه شود. برای محاسبه میزان بار شناختی بیرونی هر گروه، میانگین‌های محاسبه شده برای نفرات آن گروه جمع و بر تعداد افراد گروه (۱۵) تقسیم شد تا میزان بار شناختی بیرونی برای گروه مورد نظر مشخص شود. ابزار دیگر آزمون سنجش میزان مهارت حل مسئله بود. در این پژوهش، از آزمون مهارت حل مسئله محقق ساخته با ۵ سؤال استفاده و ۲۰ نمره برای آن در نظر گرفته شده بود. این پرسش‌ها، با توجه به موضوعات یادگیری فصل پنجم کتاب فیزیک اول دبیرستان، به‌صورت مسئله‌هایی مطرح شد که قابلیت کاربرد در جهان واقعی را داشته باشند (مانند مردی در قایقی نشسته است و می‌خواهد با نیزه ماهی شکار کند. او در عمق یک متری قایق خود ماهی‌ای می‌بیند. مرد برای اینکه ماهی را شکار کند، آیا باید با نیزه خود زیر محل ظاهری ماهی یا بالای آن را هدف‌گیری کند؟ عمق واقعی ماهی را که در آن نقطه قرار دارد، به‌دست آورید (ضریب شکست آب ۴)).<sup>۳</sup> با توجه به نظر متخصصان جواب مشخصی نیز برای هر سؤال مشخص شد. روایی صوری این آزمون، از طریق متخصصان موضوع و استادان بررسی شد و پایایی آن نیز از طریق بازآزمایی مورد آزمون قرار گرفت. بدین صورت که ابتدا آزمون مورد نظر بر روی ۱۵ نفر از اعضای هر دو کلاس (این ۱۵ نفر متشکل از افراد نمونه و غیرنمونه بودند) به اجرا گذاشته شد و بعد از ۲۱ روز دوباره این آزمون با همان ۱۵ نفر به اجرا درآمد که مطابق با ضریب همبستگی، پایایی آن ۰/۷۹ به‌دست آمد.

با توجه به روش نمره‌گیری و با انتخاب واحد کلاس به‌عنوان واحد نمونه‌گیری، دو کلاس که در نیمسال دوم ۹۲-۱۳۹۳ به آن‌ها درس فیزیک سال اول دبیرستان تدریس می‌شد، انتخاب گردید. لازم به ذکر است که ریزشی در آزمودنی‌ها تا پایان پژوهش صورت نگرفت، تعداد آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر دو گروه برابر با ۳۰ نفر بود که ۱۵ نفر در گروه آزمایش و ۱۵ نفر در گروه کنترل قرار داشتند. در ابتدا یک پیش‌آزمون براساس سؤال‌های حل مسئله‌ای که توسط محقق ساخته شده بود، به دانش‌آموزان هر دو کلاس ارائه شد. در یکی از این گروه‌ها درس فیزیک طی پنج جلسه بر اساس الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای ون

مرینبور، و گروه دیگر به روش مرسوم آموزش داده شد. در هر جلسه، پس از اجرای متغییر مستقل و نیز آموزش مرسوم، مقیاس اندازه‌گیری بار شناختی بیرونی برای هر دو گروه به اجرا درآمد. پس از پنج جلسه اجرای متغیر مستقل بر روی گروه آزمایش و اجرای آموزش مرسوم برای گروه گواه، آزمون محقق‌ساخته مهارت حل مسئله اجرا شد. پس از گردآوری داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس. این داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از آنجا که بخش مهمی از فعالیت‌های مربوط به این پژوهش، کار طراحی آموزشی مبتنی بر الگوی چهار مؤلفه‌ای بود، در زیر چگونگی این طراحی و اجرا آن توضیح داده می‌شود.

در آغاز، برای آشنایی معلم مجری این پژوهش، راهنمای استفاده از الگوی مذکور توسط طراح اصلی این الگو با استفاده از منابع فارسی و انگلیسی تهیه شده و در اختیار معلم قرار گرفت. به دلیل پیچیدگی این الگو، برای تفهیم بیشتر معلم، محقق به توضیح و تفسیر بیشتری از این الگو پرداخت. سپس، یک فصل از کتاب فیزیک سال اول دبیرستان (فصل پنج، شکست نور) بر اساس الگوی چهار مؤلفه‌ای با همکاری معلم فیزیک کلاس طراحی شد. برای طراحی این الگو باید چهار مؤلفه اصلی در این الگو رعایت می‌شد. زیرمجموعه‌های الگوی مذکور با همکاری معلم شناخته و سعی شد تمامی قواعد مربوط به الگو رعایت شود. برای طراحی محتوا بر اساس این الگو باید اجزا و عناصر محتوای آموزشی (از جمله وظایف یادگیری اصلی، اطلاعات پشتیبان، اطلاعات به موقع و خرده‌وظیفه‌ها) از هم تفکیک می‌شدند یا اگر در محتوای درس وجود نداشتند، با کمک معلم و متخصص طراحی و تدوین می‌شد. بنابراین، این کار با استفاده از شکستن این اجزا از یکدیگر و تهیه فهرستی از اهداف فصل و رئوس مطالب صورت گرفت: شکست نور، عمق ظاهری و عمق واقعی، زاویه حد، بازتاب کلی، مسیر نور در منشور، عدسی‌ها، و چشم و معایب آن از جمله عناصر محتوایی فصل پنجم کتاب بودند که طی پنج جلسه آموزش داده شدند. هنگامی که اجزا از هم تفکیک شد و فهرست رئوس مطالب نیز مشخص گردید، نوبت به جایگزینی این مؤلفه‌ها در طرح الگوی مذکور بود. بعد از این تغییرات، محتوا، بر اساس مؤلفه‌های اصلی این الگو تنظیم شد. برای چیدن محتوا بر اساس طرح این الگو، از مؤلفه‌ها و اصول آن و نیز راهنمایی‌های استادان و متخصصان استفاده شد. فرآیند طراحی سؤال‌های آزمون حل مسئله نیز شامل مراحل بود که برای به دست آمدن روایی و پایایی مورد انتظار لازم بود. از جمله اینکه لازم بود از سرفصل‌ها و اهداف محتوا استفاده

شود تا این امکان را به ما بدهد که بتوانیم نمونه‌ای معرف از سؤال‌ها را از محتوا انتخاب کنیم.

### یافته‌ها

در این قسمت یافته‌های توصیفی تحقیق شامل توصیف نمونه آماری تحقیق و داده‌های خام حاصل از متغیرهای پژوهش ارائه می‌شوند:

جدول ۱: نتایج به دست آمده برای دو گروه آزمایش و کنترل در آزمون‌های مربوط به مهارت حل مسئله و بار شناختی بیرونی

| گروه آزمایشی | گروه کنترل |                  |                  |
|--------------|------------|------------------|------------------|
| ۳/۳۱         | ۳/۴۵       | میانگین          | پیش‌آزمون        |
| ۰/۸۸         | ۰/۸۶       | انحراف استاندارد | مهارت حل مسئله   |
| ۱۶/۴۸        | ۱۳/۵۱      | میانگین          | پس‌آزمون         |
| ۱/۲۹         | ۱/۳۲       | انحراف استاندارد | مهارت حل مسئله   |
| ۲/۶۶         | ۶/۱۳       | میانگین          | بارشناختی بیرونی |
| ۱/۵۴         | ۱/۶۸       | انحراف استاندارد |                  |

همان‌طور جدول ۱ نشان می‌دهد، میانگین بارشناختی بیرونی در گروه آزمایش کمتر از گروه کنترل است.

فرضیه ۱: میزان بار شناختی بیرونی ایجاد شده در دانش‌آموزانی که با روش آموزشی مبتنی بر الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای، آموزش می‌بینند کمتر از دانش‌آموزانی است که با روش آموزشی رایج آموزش می‌بینند.

برای پاسخ به این فرضیه، باید میانگین دو گروه را در آزمون بارشناختی بیرونی با استفاده از آزمون تی مستقل با هم مقایسه کرد، تا معلوم شود تفاوت موجود بین دو گروه ناشی از خطای نمونه‌گیری است یا تفاوتی است معنی‌دار و واقعی. جهت اجرای آزمون تی مستقل، ابتدا باید مطمئن شد که واریانس گروه‌ها با هم برابر است. آزمونی که این مورد را بررسی می‌کند، آزمون لون است. نتایج این آزمون ( $F: 0/11, P < 0/73$ ) نشان داد که واریانس دو گروه با هم برابر است. بنابراین، نتایج آزمون تی مستقل به صورت زیر گزارش می‌شود.

جدول ۲: نتایج آزمون تی مستقل در مورد فرضیه نخست

| متغیرها          | گروه   | تعداد | میانگین | انحراف معیار | Df | t     | P     |
|------------------|--------|-------|---------|--------------|----|-------|-------|
| بارشناختی بیرونی | آزمایش | ۱۵    | ۲/۶۶    | ۱/۵۴         | ۲۸ | -۵/۸۷ | ۰/۰۰۰ |
|                  | کنترل  | ۱۵    | ۶/۱۳    | ۱/۶۸         |    |       |       |

همانگونه که از جدول ۲ می‌توان دریافت، بین میانگین گروه آزمایش و گروه کنترل از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $t: -۵/۸۷$ ;  $P > ۰/۰۰۰$ ). بنابراین، می‌توان گفت بین دانش‌آموزانی که با استفاده از الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای آموزش دیده‌اند و دانش‌آموزانی که با روش رایج آموزش دیده بودند، در میزان بارشناختی بیرونی، تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

فرضیه ۲: مهارت حل مسئله در دانش‌آموزانی که با روش مبتنی بر الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای آموزش می‌بینند، بیشتر از دانش‌آموزانی است که با روش آموزش رایج آموزش می‌بینند. برای پاسخ به این فرضیه می‌توان میانگین به‌دست آمده برای هر دو گروه را در پس‌آزمون با هم مقایسه کرده و نتیجه گرفت که کدام گروه نسبت به دیگری میانگین مناسب‌تری کسب کرده و آیا تفاوت بین گروه‌ها معنی‌دار است یا نه. اما از آنجا که در پژوهش حاضر از گروه‌ها در این زمینه پیش‌آزمون به عمل آمده است و این ممکن است بر نتایج پس‌آزمون تأثیرگذار باشد، باید اثر آن را کنترل کرد و سپس به مقایسه بین گروه‌ها پرداخت. به همین منظور، برای پاسخ به این سؤال آزمون کوواریانس مورد استفاده قرار گرفت. استفاده از این آزمون شامل مفروضاتی بود، از جمله اینکه: متغیر وابسته از داده‌های فاصله‌ای یا نسبی باشد، جامعه دارای توزیع نرمال باشد، و واریانس جامعه مساوی باشد. جهت اجرای آزمون کوواریانس ابتدا باید مطمئن شد که واریانس گروه‌ها با هم برابر است. آزمونی که این مورد را بررسی می‌کند آزمون لون است. نتایج این آزمون در جدول ۳ بیان شده است.

جدول ۳: آزمون همگنی واریانس‌ها برای فرضیه دوم

| F    | درجه آزادی ۱ | درجه آزادی ۲ | معنی‌داری |
|------|--------------|--------------|-----------|
| ۲/۳۰ | ۱            | ۲۸           | ۰/۱۴      |

با توجه به اینکه سطح معنی‌داری به‌دست آمده (۰/۱۴) بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد، می‌توان

نتیجه گرفت که بین واریانس‌ها تفاوت اساسی وجود ندارد و با هم همگن هستند. بنابراین، می‌توان از آزمون کوواریانس برای مقایسه گروه‌ها استفاده کرد. از آنجا که شرط انتخاب افراد در دو گروه آزمایش و کنترل نمره‌های فیزیکی نزدیک به هم در نیمسال تحصیلی قبلی بود، می‌شد انتظار داشت که بین واریانس‌ها تفاوت اساسی وجود ندارد. همچنین، در جدول ۵ معادله همگنی شیب رگرسیون معنادار نیست و این مفروضه نیز برقرار است ( $p < 0/05$ ).

جدول ۴: شاخص‌های توصیفی مربوط به فرضیه دوم

| گروه‌های آموزشی   | تعداد | میانگین | انحراف استاندارد |
|-------------------|-------|---------|------------------|
| گروه آزمایش       | ۱۵    | ۱۶/۴۸   | ۱/۲۹             |
| گروه کنترل (سستی) | ۱۵    | ۱۳/۵۱   | ۱/۳۲             |

جدول ۵: نتایج تحلیل کوواریانس برای فرضیه دوم

| مجموعه مجذورات    | درجه آزادی | میانگین مجذورات | شاخص F | معنی داری | مجذوراتا |
|-------------------|------------|-----------------|--------|-----------|----------|
| گروه              | ۱          | ۷/۷۳            | ۴/۳۴   | ۰/۰۴      | ۰/۱۴     |
| پیش‌آزمون         | ۱          | ۰/۸۱            | ۰/۴۵   | ۰/۵۰      | ۰/۰۱     |
| همگنی شیب رگرسیون | ۱          | ۰/۷۲            | ۰/۴۰   | ۰/۵۲      | ۰/۰۱۵    |
| خطا               | ۲۶         | ۱/۷۸            |        |           |          |
| کل                | ۳۰         |                 |        |           |          |
|                   |            |                 |        |           | ۶۸۶۳/۸۷  |

جدول ۶: میانگین‌های تعدیل شده برای گروه آزمایش و گروه کنترل در مهارت‌های حل مسئله

| نوع آموزش دریافتی | میانگین تعدیل شده | خطای استاندارد میانگین |
|-------------------|-------------------|------------------------|
| گروه آزمایش       | ۱۵/۴۵             | ۰/۳۴                   |
| روش سستی          | ۱۳/۵۱             | ۰/۳۴                   |

پس از تعدیل نمرات پیش‌آزمون، اثر معنی‌دار آموزش با استفاده از الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای بر مهارت حل مسئله بین آزمودنی‌ها وجود داشت ( $F=4/34, p<0/05$ ). میانگین‌های تعدیل شده (جدول ۷) نیز این امر را تأیید می‌کنند. ( $\text{Partial Eta Squared}=0/14$ ). می‌توان گفت بین دانش‌آموزانی که با استفاده از الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای آموزش

دیده‌اند و دانش‌آموزانی که با روش رایج آموزش دیده بودند در مهارت‌های حل مسئله تفاوت معنی داری وجود دارد.

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که میزان بار شناختی بیرونی در گروه آزمایش که بر اساس الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای آموزش دیده بودند، کمتر از میزان بار شناختی بیرونی گروه کنترل، که بر اساس روش رایج، آموزش می‌دیدند، بود ( $P > 0/000$ ). این یافته با نتایج پژوهش محبوبی و همکاران (۱۳۹۱)، که به این نتیجه رسیده بودند که رعایت اصول چهارده گانه طراحی آموزشی ون مرینبور و کستر (۲۰۰۵) بر کاهش بارشناختی گروه آزمایش نسبت به گروه گواه تأثیر معنی‌داری دارد و بار شناختی بیرونی را کاهش می‌دهد، مطابقت دارد. همچنین، این یافته با پژوهش ترمیزی و سوئلر (۱۹۸۸) که نشان دادند، هنگامی که فعالیت‌های شناختی یادگیرندگان مبتدی، معطوف به حالت‌های مسئله باشد، یادگیرنده بر روی هر حالت ممکن مسئله و هر نوع اقدامی که برای او یک حالت جدید از این مسئله را به ارمغان می‌آورد، تمرکز می‌کند و سپس همین اقدامات را برای حالت بعدی مسئله انجام می‌دهد و به همین شکل پیش می‌رود و به این ترتیب، از آنجا که هیچ فعالیت بی‌ارتباط با کسب طرحواره صورت نمی‌گیرد، بار شناختی کاهش می‌یابد و یادگیری تقویت می‌شود، همسوست. همچنین، این یافته با یافته‌های لویز و اندرسون (۱۹۸۵)، که معتقدند توجه به تمام جزئیات حل مسئله بار شناختی زیادی را ایجاد می‌کند، هم جهت است. این یافته با پژوهش ناظم‌زادگان و همکاران (۱۳۸۹)، (به دلیل تخصیص توجه بالا که در روش چهار مؤلفه‌ای لزومی به این کار نیست) همسو نیست.

تبیین این یافته با توجه به الگوی چهار مؤلفه‌ای کاملاً امکان‌پذیر است. در این الگو توصیه می‌شود که وظایف یادگیری از موضوعات ساده و دارای تعامل بین عناصری کمی شروع شده و به تدریج بر میزان پیچیدگی آن‌ها افزوده شود، در غیر این صورت بار شناختی زیادی بر یادگیرنده وارد می‌شود. همچنین، با توجه به مؤلفه اطلاعات به موقع در این الگو، بار شناختی در هنگام حل تمرینات کاهش می‌یابد. در آموزش رایج اطلاعات مورد نیاز برای حل یک تمرین، قبل از انجام آن به یادگیرنده داده می‌شود که به حافظه بسپارد تا هنگامی که به حل

تمرین می‌پردازد، آن اطلاعات را از حافظه بلند مدت به حافظه کاری فراخواند. در الگوی چهار مؤلفه‌ای این روش توصیه نمی‌شود، چراکه فعالیت حفظ کردن کاری اضافی است و نسبت به زمانی که اطلاعات هنگام تمرین به یادگیرنده (در صورت نیاز) ارائه می‌شود، مزیتی ندارد. نوروژی و رضوی (۱۳۹۱: ۳۰۸)، گفته‌اند که اطلاعات به موقع، در قالب‌های کوچک سازماندهی می‌شود. این نوع سازماندهی ضروری است، زیرا از افزایش بار شناختی در حین تمرین جلوگیری می‌کند.

اطلاعات پشتیبان نیز به نوبه خود باعث کاهش بار شناختی بیرونی می‌شود. بنا به گفته موریسون و همکاران (۱۳۸۷: ۳۸۲)، این اطلاعات جهت حفظ بار شناختی با طبقات تکالیف ارتباط داده می‌شوند و به صورت مساوی طی کل برنامه توزیع می‌شوند. مجموعه استفاده از این راهبردها در الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای سبب می‌شود که بار شناختی بیرونی کمتری بر یادگیرنده وارد شود.

با توجه به یافته‌های مربوط به فرضیه دوم این پژوهش، نتایج آزمون کوواریانس نشان داد که میزان دستیابی به مهارت حل مسئله در گروه آزمایشی که آموزش آن‌ها مبتنی بر الگوی چهار مؤلفه‌ای بود بیشتر از گروه کنترلی است که آموزش آن‌ها براساس روش رایج صورت گرفته بود ( $p < 0/05$ ). از آنجا که ویژگی اصلی مهارت حل مسئله توانایی انتقال مهارت‌ها به موقعیت‌های دیگر می‌باشد، این یافته با یافته‌های پژوهش لیم و همکاران (۲۰۰۸)، مطابقت دارد. آن‌ها در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که در موقعیت کل-وظیفه که مبتنی بر مدل طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای ون مرینبور بود به‌طور معنی‌داری فرآیند اکتساب و انتقال مهارت پیچیده، بهتر از موقعیت خرد-وظیفه، که مهارت پیچیده به وظایف خرد تجزیه شده بود، می‌باشد. این یافته با نتایج پژوهش سارفو و الن (۲۰۰۷) که نشان دادند محیط‌های یادگیری مبتنی بر الگوی چهار مؤلفه‌ای در ارتقای توسعه تجارب فنی در آموزش فنی ۲ نسبتاً بهتر از تدریس با روش رایج بود، همسوست. همچنین، این یافته با پژوهش‌های جاکوب (۲۰۱۲)، به دلیل جذابیت مفاهیم و یادگیری مؤثر و پایدارتر در این الگو؛ و ساسیلو و همکاران (۲۰۱۳)، به دلیل اینکه الگوی چهار مؤلفه‌ای یادگیرندگان را برای تمرین‌های واقعی (که حل مسئله نیز جزئی از آن است) آماده می‌کند، هم جهت است.

تأیید این فرضیه نیز همانند فرضیه نخست، دور از انتظار نبود. به اعتقاد مریل (۲۰۰۲) به نقل

از نوروزی و رضوی، ۱۳۹۱: ۳۱۲)، الگوی چهار مؤلفه‌ای را می‌توان یکی از جامع‌ترین الگوهای مسئله محور دانست که در دهه‌های اخیر مطرح شده است. این الگو، رویکرد آموزش مستقیم و رویکرد مبتنی بر مسئله را با یکدیگر تلفیق می‌کند. یکی از طرحواره‌های شناختی در اطلاعات پشتیبان جهت رویارویی مناسب با مهارت‌های بی‌ثبات که در این الگو مورد بررسی قرار می‌گیرد، راهبردهای شناختی است که به فرد امکان رویارویی نظام‌مند با مسائل را می‌دهد تا از قواعد کلی برای هدایت فرآیند حل مسئله استفاده کند. همچنین، یکی از اجزای اصلی اطلاعات پشتیبان بازخورد شناختی است. این بازخورد، در صورت مناسب بودن، می‌تواند یادگیرندگان را به تفکر درباره کیفیت حل مسئله و راه‌حل‌های به‌دست آمده تشویق کند- (نوروزی و رضوی، ۱۳۹۱: ۳۰۴-۳۰۷).

در تمرین‌های خرده وظیفه، به دلیل اینکه فرد طی وظایف یادگیری همواره با حل این تمرین‌ها روبه‌رو می‌شود و در صورت نیاز به اطلاعات، اطلاعات به‌موقع به او ارائه می‌گردد، به سطح خبرگی در حل مسائل می‌رسد و طرحواره‌های پیچیده و متنوعی از حل مسئله به‌دست می‌آورد که راه حل مسائل را سریع‌تر بیابد. بنا به گفته کالیوگا (۱۳۹۱: ۱۲۸)، افراد متخصص و خبیره، به سبب داشتن طرحواره‌های متفاوت و متنوع کوشش ذهنی چندانی انجام نمی‌دهند. برای این افراد بسیاری از فعالیت‌ها به‌صورت خودکار انجام می‌شود و کمتر به توجه و تلاش ذهنی فراوان نیاز دارند. این به معنی که تحمل بار شناختی کمتر و توانایی بیشتر در حل مسائل است.

مسائل درسی و چه بسا مسائل دنیای واقعی از موقعیتی به موقعیت دیگر تغییر می‌کنند. این ویژگی مسائل، روند حل آن‌ها را در موقعیت‌های مختلف دچار مشکل می‌کند. در الگوی ون مرینبور، به دلیل تقسیم مهارت‌ها به دو دسته مهارت‌های بی‌ثبات و باثبات سعی شده که این مشکل (به‌خصوص با مهارت‌های بی‌ثبات) برطرف شود.

اطلاعات پشتیبان نیز به نوبه خود جهت یادگیری و انجام انواع مختلف تکالیف یادگیری، مفید هستند. این اطلاعات چگونگی سازماندهی یک حیطه یادگیری را تشریح می‌کنند. بنابراین، امکان استدلال در آن حیطه را فراهم می‌آورند. همچنین، این اطلاعات می‌توانند شیوه نگاه اثر بخش احتمالی به حل مسائل حیطه را تشریح کنند، در نتیجه به حل مسئله کمک می‌کنند (موریسون و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۸۲).

با توجه به یافته‌های این پژوهش، به دست‌اندرکاران نظام آموزشی، به‌خصوص معلمانی که با موضوعات پیچیده (موضوعاتی که دارای تعامل بین عناصری بالایی هستند) سر و کار دارند، توصیه می‌شود با استفاده از الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای آموزش خود را ارائه داده و لازم است که معلمان با مفهوم بار شناختی و انواع آن آشنا شده و در طراحی درس‌های خود برای کاهش بار شناختی بیرونی بکوشند. معلمان باید مهارت حل مسئله دانش‌آموزان را با مسائل روزمرگی و جهان واقعی، بر اساس الگوی چهار مؤلفه‌ای تقویت کنند. همچنین، پیشنهاد می‌شود الگوی چهار مؤلفه‌ای را در محیط‌های یادگیری پیچیده چندرسانه‌ای به‌کار ببرند و میزان هر سه نوع بار شناختی مطابق با این الگو را بررسی کنند. به پژوهشگران، معلمان، و علاقه‌مندان نیز توصیه می‌شود تا میزان یادگیری چهارده اصل طراحی آموزشی چندرسانه‌ای‌های ون مرینبور (۱۹۹۷) در دروس مختلف را بررسی کنند.

محدودیت پژوهش این بود که تنها در یک منطقه (و در این یک منطقه در ناحیه‌ای) از شهر تهران اجرا شد. بنابراین، تعمیم نتایج به جامعه‌ای دیگر مستلزم انجام تحقیقات وسیع‌تری است.

## منابع

- امیر تیموری، محمدحسن و زارع، محمد (۱۳۹۴). *بارشناختی و چندرسانه‌ای‌های آموزشی*. تهران: انتشارات دانشگاه علامه طباطبایی.
- بیابانگرد، اسماعیل (۱۳۹۱). *روانشناسی تربیتی: روانشناسی آموزش و یادگیری* (ویرایش اول). تهران: ویرایش.
- ری‌چی، ری‌تاسی، کلاین، جی‌مزدی و ترسی. مونی‌کا. دبی‌و (۱۳۹۱). *نظریه، پژوهش، عمل، دانش پایه طراحی آموزشی* (ترجمه حسین زنگنه و الهه ولایتی). تهران: آوای نور.
- سیف، علی‌اکبر (۱۳۹۲). *روانشناسی پرورشی نوین* (ویرایش هفتم). تهران: دوران.
- شعبانی، حسن (۱۳۹۱). *روش تدریس پیشرفته: آموزش مهارت‌ها و راهبردهای تفکر*. تهران: سمت.
- فردانش، هاشم (۱۳۹۱). *مبانی نظری تکنولوژی آموزشی*. تهران: سمت.
- کالی‌وگا، اسلاوا (۱۳۹۱). *بارشناختی و طراحی آموزشی* (ترجمه محمدحسن امیر تیموری، سونیا موسی رضانی و الهه ولایتی). تهران: آوای نور.
- کدیور، پروین (۱۳۹۰). *روانشناسی تربیتی* (ویرایش اول). تهران: سمت.
- گانه، روبرت. ام (۱۳۶۱). *شرایط یادگیری* (ترجمه نجفی زند). تهران: امیرکبیر.
- محبوبی، طاهر، زارع، حسین، سرمدی، محمدرضا، فردانش، هاشم و فی، آوات (۱۳۹۱). *تأثیر رعایت اصول طراحی آموزشی بر بارشناختی موضوعات یادگیری در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای*. *فصلنامه مطالعات برنامه درسی آموزش عالی*. ۳ (۶)، ۲۹-۴۶.
- موریسون، گری. آر، روس، ام. استیون و کمپ، ای. جرالده (۱۳۸۷). *طراحی آموزش اثربخش* (ترجمه غلامحسین رحیم دوست). اهواز: دانشگاه شهید چمران

اهواز(انتشار به زبان اصلی، ۲۰۰۴).

نظام‌زادگان، غلامحسین، باقرزاده، فضل‌الله، حمایت‌طلب، رسول و فارسی، علی‌رضا. (۱۳۸۹). مقایسه اثر انواع تمرین بار شناختی بر زمان و دقت تکالیف

هماهنگی دو دستی. فصلنامه رشد و حرکت-ورزشی. ۴ (۱)، ۱۳۳-۱۴۹

نوروزی، داریوش و رضوی، سید عباس (۱۳۹۱). مبانی طراحی آموزشی. تهران:

سمت.

- Jacob, E. (2012). *Designing an Educational Game with Ten Steps to Complex Learning*. Dissertation esi for the degree Doctor of Philosophy, Indiana University, August 2012.
- Lewis, M. W., & Anderson, J.R. (1985). Discrimination of operator schemata in problem solving: learning from examples. *Cognitive psychology*, 17, 26-65.
- Lim. J. R; Robert. A. & Olina. Z. (2008). The effects of part-task and whole-task instructional approaches on acquisition and transfer of a complex cognitive skill. *Education Tech Research Dev.* (2009) 57:61-77 DOI 10.1007/s11423-007-9085-y.
- Merrill, M. D. (2002). First principles of instructional design. *Educational Technology Research and Development*, 50, 43-59.
- 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., 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; Renkl. A. & Sweller. J. (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4.
- Plass, J. L., Moreno, R, Brunken, R (2010). *Cognitive load theory*. New York: University Cambridge.
- Reigeluth, C.M. (1983). *Instructional design: What is it and why is it?* In C.M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview of their current status* (pp.3-36). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Sarfo, F.K. & Elen, J. (2007). Developing Technical Expertise in Secondary Technical Schools: The Effect of 4C/ID Learning Environments. *Learning Environments Research*, 10(3), 207-221.
- Susilo. AP; van Merriënboer. J; van Dalen. J; Claramita. M, Scherpier. A. (2013). From lecture to learning tasks: use of the 4C/ID model in a communication skills course in a continuing professional education context. *Journal of Continuing Education in Nursing* [2013, 44(6):278-284].

- Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York: Springer.
- Tarmizi, R. A., & Sweller, J. (1988). Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 80, 424–436.
- Van Merriënboer, J. J. G., & Kirschner, P. A. (2007). *Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design*. Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Van Merriënboer, J. J. G., Clark, R. E., & de Croock, M. B. M. (2002). Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model. *Educational Technology Research and Development*, 50(2), 39–64.