

## بررسی تأثیر الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای بر میزان بار شناختی بیرونی و یادگیری موضوع‌های پیچیده

مصطفی سالاری<sup>۱</sup>، محمد حسن امیر تیموری<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۲۳

تاریخ وصول: ۱۳۹۵/۱۰/۱۸

### چکیده

هدف از پژوهش حاضر تعیین تأثیر الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای بر میزان بار شناختی بیرونی و یادگیری موضوع‌های پیچیده در درس فیزیک بود. این پژوهش از جنبه هدف، کاربردی و از جنبه روش‌شناسی در زمره پژوهش‌های آزمایشی قرار دارد. طرح پژوهش از نوع پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه آزمایش و گروه کنترل است. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه دانش‌آموزان پسر سال اول دبیرستان منطقه پنج شهر تهران در سال تحصیلی ۹۳-۱۳۹۲ و نمونه پژوهش سی نفر بود که با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای چندمرحله‌ای انتخاب و به‌طور تصادفی در دو گروه پانزده نفره آزمایش و کنترل قرار داده شد. گروه آزمایش در معرض متغیر مستقل (طراحی آموزشی درس فیزیک بر اساس الگوی چهار مؤلفه‌ای) قرار گرفت و گروه کنترل با روش رایج آموزش دید. ابزار جمع‌آوری داده‌ها، مقیاس اندازه‌گیری نه درجه‌ای پاس، ون مرینور و آدام (۱۹۹۴) بود که روایی صورتی آن مورد تأیید اساتید و متخصصان قرار گرفت و پایایی آن با روش بازآزمایی ۰/۸۵ به دست آمد. ابزار دیگر، آزمون محقق ساخته میزان یادگیری بود که متخصصان و استادان، روایی صورتی آن را مشخص کردند و پایایی آن با استفاده از روش بازآزمایی ۰/۷۹ به دست آمد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش‌ها و نرم‌افزارهای آماری، نتایج پژوهش نشان داد که الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای بر کاهش میزان بار شناختی بیرونی گروه آزمایش نسبت به گروه گواه تأثیر معناداری دارد. همچنین یافته‌ها نشان داد که میزان یادگیری در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشته است.

۱. دانشجوی دکتری تکنولوژی آموزشی دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسؤل) m.salari67@yahoo.com

۲. استادیار گروه تکنولوژی آموزشی دانشگاه علامه طباطبائی mhrima@gmail.com

واژگان کلیدی: بار شناختی بیرونی، طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای، یادگیری موضوع‌های پیچیده.

### مقدمه

یادگیری شامل نظریه‌های متعددی است که هر کدام از این نظریه‌ها بر بخش خاصی از شرایط و ویژگی‌های یادگیری انسان تأکید می‌کند. یکی از نظریه‌های مهم یادگیری شناختی، نظریهٔ خبرپردازی<sup>۱</sup> (پردازش اطلاعات) است. از ویژگی‌های اصلی این نظریه می‌توان به نحوهٔ توجه انسان به محیط، به رمز در آوردن اطلاعات و ربط دادن آن‌ها با اطلاعات موجود در حافظه، ذخیره‌سازی اطلاعات در حافظه و بازیابی اطلاعات از حافظه به هنگام نیاز اشاره کرد (سیف، ۱۳۹۲). به نقلی دیگر، موضوع‌های مهم در این رویکرد فرایندهای حافظه و تفکر است (بیابانگرد، ۱۳۹۱).

حافظه، به نگره‌داری اطلاعات در گذر زمان اطلاق می‌شود (بیابانگرد، ۱۳۹۱). با توجه به الگوی سه مرحله‌ای اتکینسون و شیففرین (۱۹۶۸)، حافظهٔ انسان در جریان پردازش اطلاعات سه ساختار پردازشی دارد: ۱- ثبت حسی: مرحله‌ای که قبل از آگاهی کامل دربارهٔ 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)؛ ۲- حافظهٔ کوتاه‌مدت<sup>۳</sup>: اگر به اطلاعات دریافت شده در ثبت حسی توجه شود، به صورت الگوهای تصویری یا صوتی تبدیل می‌شوند و به حافظهٔ کوتاه‌مدت انتقال می‌یابند (سیف، ۱۳۹۲). عمل پردازش اطلاعات در حافظهٔ کوتاه‌مدت با دو محدودیت «گنجایش» و «دوام یا مدت»، همراه است (کدیور، ۱۳۹۰)؛ ۳- حافظهٔ بلندمدت<sup>۴</sup>: اطلاعاتی که برای نگهداری دائمی انتخاب می‌شوند، به ساختار سوم یا حافظهٔ بلندمدت وارد می‌شوند (بیابانگرد، ۱۳۹۱). اطلاعات وارد شده به حافظهٔ کوتاه‌مدت در صورت تکرار و مرور و مرتبط شدن با اطلاعات قبلی وارد حافظهٔ بلندمدت می‌شوند.

- 
1. information processing theory
  2. Atkinson & Shiffrin
  3. short-term memory
  4. long-term memory

نظریه ظرفیت پردازش اطلاعات در ارتباط با توجه، به منظور توضیح توانایی محدود افراد برای انجام فعالیت‌های چندگانه به طور همزمان، شکل گرفت. این نظریه بدون مشخص کردن ماهیت ظرفیت یا منابع ذهن توجیهی برای ضعف عملکرد ذهن فراهم کرد که در مواقعی که منابع لازم برای انجام تکالیف، فراتر از منابع موجود باشد (کافمن<sup>۱</sup>، ۱۹۷۳؛ ناوان<sup>۲</sup>، ۱۹۸۴؛ به نقل از کدیور، ۱۳۹۰).

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

نظریه بار شناختی<sup>۳</sup>، نظریه‌ای است که به بحث در مورد فرایندهای شناختی و حافظه، حل مسأله و نیز آموزش در زمینه بار شناختی می‌پردازد؛ این نظریه برای تحقیقات در زمینه فرایندهای شناختی و طراحی آموزشی چارچوب‌های لازم را فراهم می‌کند (پاس، رنکل و سوئلر<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳). در نظریه بار شناختی، سه منبع مؤثر بر ظرفیت حافظه فعال معرفی شده‌اند: ۱- بار شناختی درونی<sup>۵</sup>: کنش بین طبیعت تکالیف یادگیری و خبرگی یادگیرنده است و بر اساس پیچیدگی ذهنی مواد آموزشی، مورد یادگیری مشخص می‌شود. ۲- بار شناختی بیرونی<sup>۶</sup>: باری است که برای یادگیری ضروری نیست و نتایجی از طراحی آموزشی نامناسب است. بر اساس شکل آموزش ممکن است به صورت گوناگون وجود داشته باشد (نوشتاری، نمایش و...) و انجام فعالیت‌های مختلف مانند حل مسأله، مطالعه مثال‌های عملی و ... را از سوی یادگیرندگان ایجاب کند. ۳- بار شناختی مطلوب<sup>۷</sup>: باری است که به طور مستقیم در

- 
1. Kahneman
  2. Navon
  3. cognitive load theory
  4. Paas, Renkel & Sweller
  5. intrinsic cognitive load
  6. extraneous cognitive load
  7. germane cognitive load

یادگیری مشارکت دارد؛ در واقع، ساخت یادگیرندگان از پردازش‌ها و ساختارهای ذهنی است که عملکرد را بهبود می‌دهد و برای اشاره به مقتضیات مرتبط با یادگیری در حافظه فعال است؛ مانند به زبان آوردن مراحل انجام یک کار هنگام یادگیری آن (سوئلر، آیرس و کالیوگا، ۲۰۱۱).

به‌طور کلی، طراحی آموزشی خوب باید بار شناختی بیرونی را کاهش دهد و بار شناختی مطلوب را بهینه کند که در محدوده‌ای از ظرفیت قابل دسترسی برای جلوگیری از بار شناختی اضافی است (کالیوگا، ۱۳۹۱). در مورد طراحی آموزشی تعریف‌های متعددی ارائه شده است؛ بنا بر تعریف رایگلوث<sup>۲</sup> (۱۹۸۳) طراحی آموزشی «دانشی است که فعالیت‌های آموزشی برای بهینه‌سازی پیامدهای مطلوب مانند پیشرفت تحصیلی و تأثیر آن را تجویز می‌کند». در تعریفی دیگر ریچی و همکاران<sup>۳</sup> (۱۳۹۱) طراحی آموزشی را به این صورت ارائه کرده‌اند: «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>۴</sup>؛ به نقل از نوروزی و رضوی، ۱۳۹۱). الگوی طراحی آموزشی را نیز می‌توان نوعی بازنمایی فرایند طراحی آموزشی دانست که در آن عناصر اصلی یا مراحل طراحی آموزشی و روابط بین آن‌ها نشان داده شده است (چن<sup>۵</sup>، ۲۰۰۸؛ به نقل از نوروزی و رضوی، ۱۳۹۱). طراح آموزش با پیروی از الگو اطمینان می‌یابد که فرایند طراحی، جامع و نظام‌مند است و موجب کیفیت بهتر محصول و مهم‌تر از آن عملکرد موفق یادگیرنده خواهد شد (موریسون، روس و کمپ<sup>۶</sup>، ۱۳۸۷). هر الگوی طراحی آموزشی بنا به نتایج، شرایط و روش‌های متعدد در انواع موقعیت‌های آموزشی کارایی خاص خود را دارد (فردانش، ۱۳۹۱). سادگی یا پیچیدگی موضوع درسی یکی از معیارهای انتخاب الگوهای طراحی آموزشی است.

- 
1. Ayres & Kalyuga
  2. Reigeluth
  3. Ritchy et al.
  4. Arnshtayn & Hankynz
  5. Chen
  6. Morrison, Ross & Kemp

تحقیقات نشان می‌دهد، بسیاری از روش‌های آموزشی که برای موضوع‌های ساده کارکرد خوبی دارند، برای موضوع‌های پیچیده کارا نیستند و بالعکس. موضوع‌های پیچیده به مراتب بارشناختی بیشتری نسبت به موضوع‌های ساده تولید می‌کنند. یادگیری تکالیف پیچیده بر اهداف یادگیری ترکیبی و اهداف عملکردی چندگانه متمرکز است و دربردارنده وظایفی است که در زندگی یا شغل یافت می‌شوند. این اهداف کلی یادگیری، هماهنگی و کاربرد انتقال مهارت‌ها را ارتقاء می‌دهند که ترکیبی از یادگیری پیچیده است (ون مرینبوئر، کلارک و کروک<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲). ون مرینبوئر و همکارانش در آغاز دهه ۱۹۹۰ میلادی به منظور طراحی برنامه‌های کارآموزی و آموزش موضوع‌های پیچیده الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای<sup>۲</sup> را تدوین کردند (به نقل از نوروزی و رضوی، ۱۳۹۱). این الگو شامل چهار مؤلفه است؛ تکالیف یادگیری<sup>۳</sup>، اطلاعات پشتیبان<sup>۴</sup>، اطلاعات به موقع<sup>۵</sup> و تمرین خرد و وظیفه‌ها<sup>۶</sup>. ون مرینبوئر و همکاران، برای یادگیری موضوع‌های پیچیده ده گام را پیشنهاد می‌کنند: ۱. طراحی تکالیف یادگیری ۲. ترتیب و توالی طبقه‌های تکالیف 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 ۱۰. طراحی تمرین خرد و وظیفه‌ها. این الگو، روش‌هایی را برای تحلیل مهارت‌های پیچیده، تعیین ساختارهای شناختی لازم برای انجام آن مهارت‌ها و توسعه‌ی 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 مرینبوئر، کیرچنر و کستر<sup>۷</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

1. Van Merriënboer, Clark & Croock
2. Four Component Instructional Design (4C/ID)
3. learning tasks
4. supportive information
5. JIT information
6. part-task practice
7. Kirschner & Kester

مد نظر قرار داد. به منظور شناسایی تفاوت‌های کیفی موجود در عملکرد مورد انتظار از هر یک از مهارت‌های تشکیل‌دهنده یک وظیفه، می‌توان آن‌ها را به دو گروه اصلی طبقه‌بندی کرد. گروه اول مهارت‌هایی هستند که بی‌ثبات<sup>۱</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 مرینبوئر، کلارک و کروک<sup>۲</sup>، 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 مرینبوئر و کیرچنر، ۲۰۰۷). گروه دوم مهارت‌های با ثبات<sup>۳</sup> نام دارند. این گونه مهارت‌ها نسبت به مهارت‌های گروه اول 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. این گونه 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 مرینبوئر و همکاران، ۲۰۰۲). دسته‌بندی مهارت‌ها به دو گروه بی‌ثبات و با ثبات اهمیت ویژه‌ای دارد؛ چرا که فرایندهای یادگیری مربوط به این دو نوع مهارت با یکدیگر تفاوت‌های اساسی دارد. فرایندهای یادگیری مربوط به ابعاد بی‌ثبات تکالیف پیچیده و یادگیری کلی آن از طریق فرایند ایجاد طرحواره<sup>۴</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 استقراء<sup>۵</sup> استفاده کرد. از نظر نحوه ارائه اطلاعات، یادگیرنده باید تشویق شود اطلاعات جدید را با طرحواره‌های شناختی خود مربوط سازد. بدین‌سان، 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

- 
1. non recurrent
  2. Van Merriënboer, Clark & Croock
  3. recurrent
  4. schema construction
  5. induction

این مرحله اطلاعاتی که یادگیرنده دریافت می‌کند به ابعاد بی‌ثبات یادگیری مربوط می‌گردد (نوروزی و رضوی، ۱۳۹۱: ۲۶۲).

اصطلاح تکالیف یادگیری به کار برده شده در اینجا معمولاً برای در بر گرفتن مطالعات موردی، پروژه‌ها، مسائل و ... می‌باشد. آن‌ها تجارب کلی و معتبر از وظیفه، مبتنی بر وظایف واقعی هستند که هدفشان یکپارچه‌سازی مهارت‌ها، دانش و نگرش‌هاست. به‌طور کلی، ارائه مجموعه‌ای از تکالیف یادگیری با تنوع بالا است که در طبقه‌های تکالیف<sup>۱</sup> 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 دانش آموزان انجام جنبه‌های بی‌ثبات از تکالیف یادگیری را یاد بگیرند که اغلب شامل حل مسأله 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 یک پل ارتباطی است بین آنچه یادگیرندگان می‌دانند و آنچه که آن‌ها نیاز به دانستن آن برای کار روی تکالیف یادگیری دارند. اطلاعات رویه به دانش آموزان اجازه می‌دهد برای یادگیری به هر طریقه‌ای، جنبه‌های بی‌ثبات از تکالیف یادگیری را به همان شیوه‌ای که هستند، انجام دهند. این اطلاعات مشخص می‌کند که دقیقاً چگونه به انجام جنبه‌های بی‌ثبات از وظیفه پرداخت و بهترین زمان آن وقتی است که دانش آموزان به آن نیاز دارند. اطلاعات رویه‌ای به منظور به‌دست آوردن تخصص بیشتر یادگیرندگان به‌سرعت محو می‌شود. در نهایت، تمرین خرده وظیفه که مربوط به تمرین اضافی جنبه‌های بی‌ثبات است که یادگیرندگان می‌توانند سطح بالایی از خودکارسازی را توسعه دهند. تمرین خرده وظیفه به‌طور معمول، مقدار بسیاری از تکالیف تکراری را ایجاد می‌کند.

هر یک از چهار مؤلفه‌ها مطابق با گام طراحی خاصی است. در این روش، طراحی تکالیف 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. به‌عنوان مثال گام ۲، سازمان‌دهی تکالیف

۱. Task Classes. اقلام تکالیف یادگیری، هر کدام نماینده نسخه‌ای از وظیفه با دشواری خاص هستند که طبقه‌های وظیفه نامیده می‌شوند.

یادگیری در طبقه‌بندی‌های آسان به مشکل برای اطمینان از این است که دانش آموزان بر روی تکالیفی که از ساده شروع و همواره بر سختی آن افزوده می‌شود، کار می‌کنند و گام ۳، استانداردهایی برای عملکرد قابل قبول از وظیفه را مشخص می‌کند که برای ارزیابی عملکرد و تهیه بازخورد لازم است. گام ۵ و ۶، ممکن است برای تجزیه و تحلیل عمیق اطلاعات پشتیبان جهت یادگیری انجام جنبه‌های غیر معمول تکالیف یادگیری لازم باشد. در پایان، گام‌های ۸ و ۹، ممکن است برای تجزیه و تحلیل عمیق اطلاعات رویه‌ای به منظور عملکرد جنبه‌های با ثبات تکالیف یادگیری ضروری باشند (مرینوئر و همکاران، ۲۰۰۲).

اثر بخشی این الگو در بسیاری از پژوهش‌هایی که با یادگیری موضوعات پیچیده درگیر بوده‌اند، به تأیید رسیده است؛ از جمله: سارفو و آلن<sup>۱</sup> (۲۰۰۷)، که برای توسعه تخصص فنی در راستای ارتقای مهارت‌های ICT از این الگو استفاده نمودند؛ نتایج پژوهش آن‌ها از اثر بخشی یادگیری محیط‌های یادگیری مبتنی بر الگوی 4C/ID در ارتقای توسعه تجارب فنی در آموزش فنی ۲ نسبت به تدریس طراحی شده آنلاین با روش رایج حکایت داشت. پژوهش لیم، ریسر و اولینا<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) بیانگر برتری موقعیت کل وظیفه مبتنی بر الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای در فرایند اکتساب و انتقال مهارت پیچیده (مقدمات اکسل) در معلمان ضمن خدمت نسبت به رویکرد خرد وظیفه رایج است. جاکوب<sup>۳</sup> (۲۰۱۲) نیز در طی پژوهش خود اثر الگوی چهار مؤلفه‌ای را برای یادگیری مفهوم پیچیده "اشاعه نوآوری‌ها" از طریق بازی نشان داد و تأثیر این الگو را از طریق پیش آزمون و پس آزمون 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 کاراتر و مؤثرتر می‌کند. همچنین در پژوهش ساسیلو و همکاران<sup>۴</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 بر این بود که مدل الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای به

1. Sarfo & Elen
2. Lim, Reiser & Olina
3. Jacob
4. Susilo et al



گسترش مداخلات آموزشی برای حرکت از پارادایم سخنرانی به سوی تکالیف یادگیری پرداخته و یادگیرندگان را برای تمرین‌های واقعی بهتر آماده می‌کند. یکی از اهداف مهم تعلیم و تربیت آماده کردن دانش‌آموزان برای سازگاری و انعطاف‌پذیری با مشکلات و مسائل جدید است. گانیه (به نقل از نجفی زند، ۱۳۶۱) بیان می‌کند که امکانات یادگیری در مدارس باید فرصت‌هایی را فراهم آورد که دانش‌آموزانی با مهارت و دارای سابقه انجام کارهای عملی در زندگی یا شغلشان، پرورش یابند. تحقق این امر با آموزش و یادگیری سروکار دارد. اگر موضوع‌های درسی از پیچیدگی و دشواری فراوانی برخوردار باشند، دستیابی به این هدف مهم تعلیم و تربیت با مشکل مواجه می‌شود. به گفته نوروژی و رضوی (۱۳۹۱) 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 مطلب رعایت شود تا به یادگیری مؤثر، عمیق و کاربردی ختم شود.

در راستای آموزش و یادگیری، نظریه‌ها و الگوهای متعددی پا به عرصه تعلیم و تربیت گذاشته‌اند و هر کدام از آن‌ها بنا به موقعیت‌های آموزشی مختلف، شرایط و ویژگی‌های خاص خود را دارند. چن (۲۰۰۸؛ به نقل از نوروژی و رضوی، ۱۳۹۱) اظهار می‌دارد که در حال حاضر ۱۰۰ الگوی طراحی آموزشی وجود دارد. نظریه‌های آموزشی جدید و رویکرد آموزشی و عملی بسیاری در به کارگیری وظایف پیچیده جهان واقعی وجود دارند که انتظار می‌رفت در یکپارچگی دانش، مهارت‌ها و هدایت‌های ضروری برای عملکرد وظایف اثربخش در حرفه یا زندگی امروزی به یادگیرندگان کمک کنند (مریل، ۲۰۰۲). ممکن است هر کدام از این نظریه‌ها، روش‌ها و رویکردها، برای انواع مختلف موضوع‌های آموزشی کاربرد اثربخشی نداشته باشند؛ لذا، بنا به گفته ون مرینبوئر و همکاران (۲۰۰۲؛ به نقل از نوروژی و رضوی، ۱۳۹۱)، شیوه یادگیری موضوع‌های پیچیده با شیوه یادگیری موضوع‌های ساده بسیار متفاوت است. موضوع‌های پیچیده بار شناختی بالایی در حافظه کاری دارند و اگر این نوع موضوع‌ها بدون راهکار و شیوه مناسب مخصوصاً در آغاز آموزش ارائه شوند،

سبب وارد آمدن بار شناختی بسیاری بر یادگیرنده می‌شود و در نهایت بر یادگیری اثر منفی دارد (ون مرینور و همکاران، ۲۰۰۲).

مفهوم بار شناختی را در نظریه بار شناختی سوئلر<sup>۱</sup> می‌توان جست‌وجو کرد. این نظریه، ساختار سیستم پردازش اطلاعات شامل حافظه کوتاه‌مدت و اساس حافظه کاری<sup>۲</sup> (که اجرای وظایف ذهنی، همراه با هشیاری است) را شرح می‌دهد. اگر به نقش و محدودیت‌های حافظه کاری توجه بسیاری شود، هدف اصلی نظریه بار شناختی در طراحی آموزشی برجسته خواهد بود (سوئلر، آیرس و کالیوگا<sup>۳</sup>، ۲۰۱۱). طراحی آموزشی تکالیف پیچیده، سطوح بالای بار شناختی درونی را می‌طلبد و نیازمند کاهش بار شناختی بیرونی و بهینه کردن بار شناختی مطلوب است (پلاس، مورنو و بروکن<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰). الگوی طراحی آموزشی ون مرینور مؤلفه‌ها و گام‌هایی دارد که به نظر می‌رسد بار شناختی بیرونی موضوع‌های پیچیده را کم می‌کند؛ در نتیجه، بار شناختی بیرونی پایین که از طراحی آموزشی خوب حاصل می‌شود، بار شناختی مطلوب را بهینه می‌کند و می‌توان انتظار داشت که میزان یادگیری در دانش‌آموزان تقویت شود.

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 الگوهای طراحی آموزشی متناسب با موقعیت‌ها و موضوع‌های آموزشی خاص درصدد ایجاد یادگیری مؤثر و کاربردی برای حل مسائل در جهان واقعی امروز باشد. شیوه‌های آموزش سنتی در شرایطی که موضوع مورد یادگیری پیچیده باشد کارا نیست و باعث وارد شدن بار شناختی بیرونی زیادی بر فراگیر شده و در نتیجه به کاهش یادگیری منجر می‌شود. از آنجایی که درس فیزیک اول دبیرستان دارای تعامل بین عناصری بالایی است و می‌توان گفت که تمام عناصر به نحوی با یکدیگر در ارتباط‌اند، در نتیجه این درس موضوعی پیچیده قلمداد می‌شود که یکی از بهترین شیوه‌ها برای آموزش این گونه 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

1. Sweller
2. working memory
3. Sweller, Ayres & Kalyuga
4. Plass, Moreno & Brunken

است و از طرفی ویژگی درس فیزیک به صورتی است که موضوعات یادگیری آن باید در مسائل روزمره و جهان واقعی به کار روند، این پژوهش به دنبال کاهش بارشناختی و افزایش یادگیری در درس فیزیک اول دبیرستان بود. الگوی طراحی آموزشی ون مرینبوئر دارای مؤلفه‌ها و گام‌هایی است که به نظر 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 میزان یادگیری در دانش آموزان تقویت گردد.

علاوه بر پژوهش‌های سارفو و آلن (۲۰۰۷)، لیم و همکاران (۲۰۰۸)، جاکوب (۲۰۱۲) و ساسیلو و همکاران (۲۰۱۳) که شرح آنان در بالا ذکر شد، در پژوهشی که ناظم زادگان و همکاران (۱۳۸۹) با عنوان «مقایسه اثر انواع تمرین بار شناختی بر زمان و دقت تکلیف هماهنگی دو دستی» انجام دادند، تعداد ۶۰ آزمودنی از دانشجویان ورزشکار دانشگاه شیراز به صورت داوطلبانه انتخاب شده و به طور تصادفی در چهار گروه قرار گرفتند. بعد از انتخاب تصادفی، یک گروه با بار شناختی کم، یک گروه با بار شناختی متوسط و یک گروه با بار شناختی زیاد مواجه شد و گروه چهارم بدون تمرین ماند. یافته‌ها نشان داد، تمرین بارشناختی زیاد بر دقت تکلیف هماهنگی دودستی اثر گذار است، ولی در عامل زمان کلی، بین گروه‌ها تفاوت معناداری نسبت به گروه کنترل دیده نشد. بر اساس یافته‌های این تحقیق، در فعالیت‌هایی که نیازمند تخصیص توجه‌اند، چنانچه تمرین با بار شناختی بیرونی بالا انجام شود، ممکن است ظرفیت توجه تغییر یابد و به واسطه این تغییر مهارت بعد از پردازش اطلاعات، گسترش می‌یابد. پژوهشی توسط محبوبی و همکاران (۱۳۹۱) با عنوان «تأثیر رعایت اصول طراحی آموزشی بر بارشناختی موضوعات یادگیری در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای» در دانشگاه پیام نور بوکان بر روی دانشجویان رشته علوم تربیتی این دانشگاه انجام شد. جامعه آماری این پژوهش ۵۴۰ نفر بود و حجم نمونه آن ۱۸۰ نفر مشتمل از ۱۱۰ مرد و هفتاد زن بود که به صورت نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب شد. پژوهش به صورت آزمایشی در دو گروه کنترل و گواه صورت گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که رعایت اصول چهارده گانه طراحی آموزشی ون مرینبور و کستر (۲۰۰۵) بر کاهش بارشناختی گروه آزمایش نسبت به گروه گواه تأثیر معناداری دارد و بار شناختی بیرونی را کاهش می‌دهد. دهقان‌زاده (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان «تأثیر الگوهای طراحی آموزشی چهار

مؤلفه‌ای و گانیه به صورت چندرسانه‌ای در یادگیری درس علوم» که به صورت شبه آزمایشی و با ۶۰ آزمودنی انجام شد، دریافت که بین نمره‌های گروه‌های کنترل و آزمایش تفاوت در سطح ۹۵٪ معنادار است. بدین صورت که یادگیری دانش آموزانی که با استفاده از نرم‌افزار چندرسانه‌ای مبتنی بر الگوی طراحی آموزشی گانیه آموزش دیده بودند بهتر از دانش آموزانی بود که با روش سنتی آموزش دیده بودند؛ با این حال، یادگیری دانش آموزانی که با نرم‌افزار چندرسانه‌ای مبتنی بر الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای یاد گرفته بودند، از گروهی که با نرم‌افزار چندرسانه‌ای مبتنی بر الگوی طراحی آموزشی گانیه آموزش دیده بودند، بهتر بود. لویز و اندرسون<sup>۱</sup> (۱۹۸۵) در پژوهش خود با عنوان «تمایز طرح‌واره عملگر<sup>۲</sup> در حل مسأله: یادگیری از طریق مثال» نشان دادند که روش‌های مرسوم حل مسأله هدف‌مدار می‌تواند مانع از یادگیری ابعاد اساسی ساختار مسأله شوند. راهبرد هدف- وسیله، دربردارنده گام‌های به هم پیوسته متعددی از قبیل تفاوت‌های موجود بین حالت‌های مسأله، یافتن عملگرهایی برای کاهش این تفاوت‌ها، در نظر گرفتن اهداف جزئی و ... که ممکن است بار شناختی بسیاری بر فرد تحمیل کنند. به عبارتی دیگر، جزءنگری و دنباله‌روی از فرایند خطی در حل مسأله باعث افزایش بار شناختی بیرونی زیادی می‌شود. ترمیزی و سوئلر<sup>۳</sup> (۱۹۸۸) فرض را بر این گذاشتند که بار شناختی بیرونی وقتی کاهش می‌یابد که فعالیت‌های شناختی یادگیرندگان مبتدی، معطوف به حالت‌های مسأله باشد. در این وضعیت، یادگیرنده بر روی هر حالت ممکن مسأله و هر نوع اقدامی تمرکز می‌کند که برای او حالتی جدید از این مسأله به وجود می‌آورد و سپس همین اقدامات را برای حالت بعدی مسأله انجام می‌دهد و به همین شکل پیش می‌رود. به این ترتیب، از آنجا که هیچ فعالیتی بی‌ارتباط با کسب طرح‌واره انجام نمی‌شود، بار شناختی کاهش می‌یابد و یادگیری تقویت می‌شود.

با توجه به مطالب و پژوهش‌های مذکور که در بالا نقل آنها رفت، می‌توان چنین برداشت نمود که بار شناختی عاملی مهم در پردازش اطلاعات در حافظه و بالتبع یادگیری است. لذا فرضیه‌های این پژوهش عبارتند از؛

1. Lewis & Anderson
2. operator schemata
3. Tarmizi & Sweller

۱. میزان بار شناختی بیرونی ایجادشده 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.
۲. میزان یادگیری 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 به دلیل استفاده از نتایج آن در زمینه آموزش و یادگیری از نوع کاربردی است و به دلیل عدم امکان کنترل تمامی متغیرهای مداخله‌گر، در زمره طرح‌های نیمه آزمایشی به شمار 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 ۹۳-۱۳۹۲ 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 ۹۳-۱۳۹۲ و در ساعات رسمی مدرسه انجام پذیرفت. 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 گذشته‌شان، 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 انجام شد؛ بدین‌گونه که اسامی افراد بر روی کاغذ نوشته شد و در یک ظرف قرار گرفت و از هر کلاس ۱۵ نفر به‌صورت تصادفی انتخاب 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 شامل مقیاس یک سؤالی اندازه‌گیری بار شناختی بیرونی پاس، ون مرینوئر و آدام<sup>۱</sup> (۱۹۹۴) بود و به صورت طیف لیکرت نه‌درجه‌ای به صورت - خیلی خیلی کم - خیلی کم - کم - نسبتاً کم - نه خیلی کم - نه خیلی زیاد - نسبتاً زیاد - زیاد - خیلی زیاد - خیلی خیلی زیاد، استفاده شد. با توجه به مطالعه پاس و همکاران (۱۹۹۴)، روایی درونی<sup>۲</sup> مقیاس اندازه‌گیری بار شناختی بیرونی با روش آلفای کرونباخ ۰/۹۰ و پایایی<sup>۳</sup> آن نیز با روش آلفای کرونباخ ۰/۸۲ گزارش شده است. در این پژوهش نیز روایی صوری این مقیاس با توجه به نظر اساتید و متخصصین بارشناختی 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 به طور تصادفی اجرا گردید و سپس بعد از ۱۵ روز دوباره این مقیاس بر همان ۱۵ نفر اجرا شد. ضریب همبستگی به دست آمده از بازآزمایی این مقیاس ۰/۸۵ به دست آمد. برای نمره‌گذاری آزمون مقیاس اندازه‌گیری بار شناختی پس از پایان هر جلسه (در مجموع به تعداد پنج جلسه) اجرا شد. حاصل جمع نمره‌های هر فرد را (از ۱ تا ۹) محاسبه و بر تعداد جلسه‌های برگزاری (پنج) تقسیم شد تا میانگین بار شناختی بیرونی برای هر فرد محاسبه شود. برای محاسبه میزان بار شناختی بیرونی هر گروه، میانگین‌های محاسبه‌شده برای نفرات آن گروه جمع بسته و بر تعداد افراد گروه (۱۵) تقسیم شد تا میزان بار شناختی بیرونی برای گروه مورد نظر مشخص شود. سنجش میزان یادگیری، ابزاری دیگر در آزمون بود. در این پژوهش از آزمون میزان یادگیری محقق‌ساخته با پنج سؤال استفاده شد و ۲۰ نمره برای آن در نظر گرفته شد. جواب مشخصی نیز برای هر سؤال با توجه به نظر متخصصان مشخص شد. روایی صوری این آزمون از طریق متخصصان موضوع و استادان بررسی شد و پایایی آن نیز از طریق بازآزمایی مورد بررسی قرار گرفت. بدین صورت که ابتدا آزمون مورد نظر به اجرا گذاشته شد و بعد از ۲۱ روز دوباره این آزمون به اجرا درآمد که مطابق با ضریب همبستگی، پایایی آن ۰/۷۹ به دست آمد.

- 
1. Paas; van Adam
  2. Internal validity
  3. reliability

با توجه به روش نمونه‌گیری و با انتخاب واحد کلاس به‌منزله واحد نمونه‌گیری، دو کلاس انتخاب شد که در نیم‌سال دوم ۹۳-۱۳۹۲ به دانش‌آموزان درس فیزیک سال اول دبیرستان تدریس می‌شد. لازم به ذکر است که در تعداد آزمودنی‌ها تا پایان پژوهش ریزشی انجام 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 بر اساس سؤالاتی که میزان یادگیری را می‌سنجید و محقق آن را ساخته بود از دانش‌آموزان هر دو کلاس پیش‌آزمون به‌عمل آمد. در یکی از این گروه‌ها درس فیزیک طی پنج جلسه بر اساس الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای ون مرینبوئر ارائه شد و گروه دیگر به روش مرسوم آموزش دیدند. در هر جلسه پس از اجرای متغیر 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 میزان یادگیری اجرا شد. پس از گردآوری داده‌ها، این داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اسپ‌اس‌اس<sup>۱</sup> تجزیه و تحلیل شد. از آنجا که بخش مهمی از فعالیت‌های مربوط به این پژوهش، طراحی آموزشی مبتنی بر الگوی چهار مؤلفه‌ای بود در زیر چگونگی طراحی و اجرای آن ارائه 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 شد 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 شد و سعی شد تمامی قواعد مربوط به الگو رعایت شود. برای طراحی محتوا بر اساس این الگو باید اجزاء و عناصر محتوای آموزشی (از جمله تکالیف یادگیری اصلی، اطلاعات پشتیبان، اطلاعات به‌موقع و خرده‌وظیفه‌ها) از یکدیگر تفکیک می‌شدند؛ و یا اگر در محتوای درس وجود نداشتند با کمک معلم و متخصص این

مؤلفه‌ها طراحی و تدوین می‌شد. بنابراین، این کار با شکستن اجزا و تهیه فهرستی از اهداف فصل و رئوس مطالب صورت گرفت. بعد از تفکیک اجزا و مشخص شدن فهرست رئوس مطالب نوبت به جایگزینی این مؤلفه‌ها در طرح الگوی مذکور بود. سپس 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 مربوط استفاده شد. همچنین فرایند طراحی سؤال‌های آزمون میزان یادگیری 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 از محتوا نمونه‌ای معرف از سؤال‌ها را انتخاب کنیم.

## نتایج

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

جدول ۱. توصیف نمونه آماری پژوهش

پس آزمون	پیش آزمون	
۱۵	۱۵	گروه آموزشی رایج
۱۵	۱۵	گروه آزمایش

جدول ۱، بیانگر این موضوع است که در این پژوهش نمونه‌ها ریزشی نداشته و تعداد آنها در پیش آزمون و پس آزمون (هر یک ۱۵ نفر) برابر بوده‌اند.

جدول ۲، نتایج به‌دست‌آمده برای دو گروه آزمایش و کنترل در آزمون‌های مربوط به میزان یادگیری و بارشناختی بیرونی

گروه کنترل	گروه آزمایشی	
۴/۲۵	۴/۲۰	میانگین پیش آزمون یادگیری
۰/۹۰	۰/۷۵	انحراف استاندارد پیش آزمون یادگیری
۱۳/۸۰	۱۷/۵۰	میانگین پس آزمون یادگیری
۲/۶۶	۰/۶۷	انحراف استاندارد پس آزمون یادگیری
۶/۱۳	۲/۶۶	میانگین بارشناختی بیرونی
۱/۶۸	۱/۵۴	انحراف استاندارد بارشناختی بیرونی

همان‌طور که نتایج بیان‌شده در جدول ۲ نشان می‌دهد، در پیش آزمون مربوط به میزان یادگیری، میانگین به‌دست‌آمده برای گروهی که با روش آموزش سنتی آموزش دیده‌اند



(۴/۲۵)، نسبت به گروه آزمایشی (۴/۲۰) اختلاف چندانی ندارد و می‌توان گفت تقریباً گروه‌ها با هم برابرند؛ به‌طور کلی می‌توان گفت دو گروه هم‌سطح هستند. پس از اعمال متغیر آزمایشی (الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای) به گروه آزمایش، نتایج، نشان از برتری نسبی گروه آزمایش دارد. به‌طوری که میانگین به‌دست آمده برای این گروه در میزان یادگیری (۱۷/۵۰) نسبت به گروه کنترل (۱۳/۸۰) بالاتر است. همچنین همان‌گونه که این جدول نشان می‌دهد، میانگین بارشناختی بیرونی در گروه آزمایش کمتر از گروه کنترل است.

فرضیه اول: میزان بار شناختی بیرونی ایجادشده 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.

$$\{ H_0: u_1 \leq u_2 \text{ فرض صفر } H_1: u_1 < u_2 \text{ فرض خلاف} \}$$

برای پاسخگویی 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 آیا تفاوت موجود بین دو گروه ناشی از خطای نمونه‌گیری است یا تفاوتی است معنادار 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 ( $F: 0/11$ ،  $P < 0/03$ ) نشان داد که واریانس دو گروه با هم برابر است؛ بنابراین نتایج آزمون تی مستقل به‌صورت زیر گزارش می‌شود.

جدول ۳. نتایج آزمون تی مستقل در مورد فرضیه اول

متغیرها	گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	Df	t	P
بارشناختی بیرونی	آزمایش	۱۵	۲/۶۶	۱/۵۴	۲۸	-۵/۸۷	۰/۰۱
	کنترل	۱۵	۶/۱۳	۱/۶۸			

همان‌گونه که از جدول ۳ می‌توان دریافت، بین میانگین گروه آزمایش و گروه کنترل از لحاظ آماری تفاوت معناداری وجود دارد ( $t: -5/87$ ،  $P < 0/01$ )؛ 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 معناداری وجود دارد.

فرضیه دوم: میزان یادگیری 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.

$$\{ H_0: u_1 = u_2 \text{ فرض صفر } H_1: u_1 > u_2 \text{ فرض خلاف} \}$$

برای پاسخگویی به این فرضیه می‌توان میانگین به‌دست‌آمده 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 معنادار است یا نه؛ اما از آنجایی که در پژوهش حاضر از گروه‌ها در این زمینه پیش‌آزمون به‌عمل 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 پاسخ‌گویی به این سؤال آزمون کوواریانس<sup>۱</sup> مورد استفاده قرار گرفت. استفاده از این آزمون شامل مفروضاتی می‌باشد از جمله اینکه متغیر وابسته 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 ۴ بیان شده است.

جدول ۴: آزمون همگنی واریانس‌ها برای فرضیه دوم

F	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	معناداری
۳/۴۵	۱	۲۸	$p > 0.05$

با توجه به اینکه سطح معناداری به‌دست‌آمده (۰,۱۸) بیشتر از ۰,۰۵ است، بنابراین 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 آنجایی که شرط انتخاب افراد در دو گروه آزمایش و کنترل نمره‌های فیزیک نزدیک به هم در نیمسال

تحصیلی قبلی بود انتظار می‌رفت که بین واریانس‌ها تفاوت اساسی وجود نداشته‌باشد. همچنین در جدول ۶ معادله همگنی شیب رگرسیون معنادار نیست و این مفروضه نیز برقرار است ( $p < 0/05$ ).

جدول ۵. شاخص‌های توصیفی مربوط به فرضیه دوم

گروه‌های آموزشی	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد
گروه آزمایش	۱۵	۱۷/۵۰	۰/۶۷
گروه کنترل (سنتی)	۱۵	۱۳/۸۰	۲/۶۶

جدول ۶. نتایج تحلیل کوواریانس برای فرضیه دوم

مجموعه مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	شاخص F	معناداری	مجذورات اتا	گروه
۸/۶۰	۱	۸/۶۰	۵/۳۴	۰/۰۴	۰/۱۷	گروه
۰/۹۱	۱	۰/۹۱	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۰۲	پیش‌آزمون
۰/۷۵	۱	۰/۷۶	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۰۱۴	همگنی شیب رگرسیون
۴۳/۲۰	۲۶	۱/۷۰				خطا
۶۹۶۶/۹۰	۳۰					کل

پس از تعدیل نمرات پیش‌آزمون، اثر معنی‌دار آموزش با استفاده از الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای بر میزان یادگیری بین آزمودنی‌ها وجود داشت ( $F=5/34, p < 0/05$ )،  $F=5/34, p < 0/05$  (مجذور اتا). میانگین‌های تعدیل‌شده (جدول ۷) نیز این امر را تأیید می‌کنند؛ 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 یادگیری تفاوت معناداری وجود دارد.

جدول ۷. میانگین‌های تعدیل‌شده برای گروه آزمایش و گروه کنترل در میزان یادگیری

نوع آموزش دریافتی	میانگین تعدیل‌شده	خطای استاندارد میانگین
گروه آزمایش	۱۷/۴۵	۰/۳۴
روش سنتی	۱۳/۷۷	۰/۳۴

## بحث و نتیجه‌گیری

فرضیه اول: میزان بار شناختی بیرونی ایجادشده 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. 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 ( $P < 0/01$ ). این یافته با نتایج پژوهش محبوبی و همکاران (۱۳۹۱) که به این نتیجه رسیده بودند که رعایت اصول چهارده‌گانه طراحی آموزشی ون مرینبوئر و کستر (۲۰۰۵) بر کاهش بارشناختی گروه آزمایش نسبت به گروه گواه تأثیر معناداری دارد و بار شناختی بیرونی را کاهش می‌دهد، مطابقت دارد. همچنین این یافته با پژوهش ترمیزی و سونلر (۱۹۸۸) که نشان دادند، هنگامی که فعالیت‌های شناختی یادگیرندگان مبتدی، معطوف به حالت‌های مسأله باشد، یادگیرنده بر روی هر حالت ممکن مسأله و هر نوع اقدامی که برای او یک حالت جدید از این مسأله را به ارمغان می‌آورد، تمرکز می‌کند و سپس همین اقدامات را برای حالت بعدی مسأله 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، همسو است. همچنین این یافته با یافته‌های لویز و اندرسون (۱۹۸۵) که معتقدند توجه به تمام جزئیات حل مسأله بار شناختی زیادی را ایجاد می‌کند، هم‌جهت است. این یافته با پژوهش ناظم زادگان 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 تکالیف 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 بلندمدت به حافظه کاری فراخواند. در الگوی چهار مؤلفه‌ای، این روش توصیه نمی‌شود چرا که فعالیت حفظ کردن کاری اضافی

است و نسبت به زمانی که اطلاعات هنگام تمرین به یادگیرنده (در صورت نیاز) ارائه می‌شود، مزیتی ندارد. نوروزی و رضوی (۱۳۹۱)، 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 (ص، ۳۰۸). اطلاعات پشتیبان نیز به نوبه خود باعث کاهش بار شناختی بیرونی می‌شود. بنا به گفته موریسون و همکاران (۱۳۸۷)، این اطلاعات جهت حفظ بار شناختی با طبقات تکالیف ارتباط داده می‌شوند و به صورت مساوی در طی کل برنامه توزیع می‌شوند. مجموعه استفاده از این راهبردها در الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای سبب می‌شود که بر یادگیرنده بار شناختی بیرونی کمتری وارد شود.

فرضیه دوم: میزان یادگیری 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. با توجه به یافته‌های پژوهش، نتایج آزمون کوواریانس نشان داد که میزان دستیابی به میزان یادگیری در گروه آزمایشی که آموزش آن‌ها مبتنی بر الگوی چهار مؤلفه‌ای بود بیشتر از گروه کنترلی است که آموزش آن‌ها بر اساس روش رایج صورت گرفته بود ( $p < 0/05$ ). از آنجا که یکی از ویژگی اصلی یادگیری موضوعات پیچیده توانایی انتقال مهارت‌ها به موقعیت‌های دیگر است، 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 مرینوئر است فرایند اکتساب و انتقال مهارت پیچیده، به طور معناداری بهتر از موقعیت خرد-وظیفه است. این یافته با نتایج پژوهش سارفو و آلن (۲۰۰۷) که نتایج آن‌ها نشان داد، محیط‌های یادگیری مبتنی بر الگوی چهار مؤلفه‌ای در ارتقای توسعه تجارب فنی در آموزش فنی نسبتاً بهتر از تدریس با روش رایج بود، همسو است. 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 یادگیری موضوعات پیچیده نیز جزئی از آن است) آماده می‌کند هم‌جهت است. همچنین یافته به دست آمده با یافته‌های پژوهش دهقان‌زاده (۱۳۹۳) مبنی بر اینکه الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای در یادگیری درس علوم مؤثرتر از الگوی گانیه و روش مرسوم است، همسو است. تأیید این فرضیه نیز همانند فرضیه اول، دور از انتظار نبود. به اعتقاد مریل (۲۰۰۲) الگوی چهار مؤلفه‌ای

را می‌توان یکی از جامع‌ترین الگوهای مسأله‌محور دانست که در دهه‌های اخیر مطرح شده است. این الگو رویکرد آموزش مستقیم و رویکرد مبتنی بر مسأله را با یکدیگر تلفیق می‌کند و برای یادگیری موضوعات پیچیده طراحی شده است. 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 فرایند حل مسأله و یادگیری استفاده کند. همچنین یکی از اجزاء اصلی اطلاعات پشتیبان بازخورد شناختی است که این بازخورد در صورت مناسب بودن می‌تواند یادگیرندگان را به تفکر درباره کیفیت حل مسأله و راه‌حل‌های به‌دست‌آمده تشویق کند (نوروزی و رضوی، ۱۳۹۱).

در تمرین‌های خرده‌وظیفه به دلیل اینکه فرد در طی تکالیف یادگیری همواره با حل این تمرین‌ها روبه‌رو می‌شود و در صورت نیاز به اطلاعات، اطلاعات به‌موقع به او ارائه می‌گردد؛ در نتیجه فرد به سطح خبرگی در یادگیری و حل مسأله می‌رسد و طرح‌واره‌های پیچیده و متنوعی از حل مسأله به دست می‌آورد که راه‌حل مسائل را سریع‌تر بیابد. بنا به گفته کالیوگا (۱۳۹۱)، افراد متخصص و خبره به سبب داشتن طرح‌واره‌های متفاوت و متنوع کوشش ذهنی چندانی انجام نمی‌دهند. برای این افراد بسیاری از فعالیت‌ها به‌صورت خودکار انجام می‌شود و کمتر نیاز به توجه و تلاش ذهنی فراوان دارند. این به معنی تحمل بار شناختی کمتر و توانایی بیشتر در حل مسائل و در نتیجه یادگیری مؤثرتر است. مسائل درسی و چه‌بسا 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 مرینبوئر، به دلیل تقسیم مهارت‌ها به دو دسته مهارت‌های بی‌ثبات و باثبات سعی شده که این مشکل (به‌خصوص با مهارت‌های بی‌ثبات) برطرف شود و دیگر دانش‌آموز برای کسب مهارت در یادگیری موضوعات پیچیده با مشکل مواجه نمی‌شود. اطلاعات پشتیبان نیز به‌نوبه 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. با توجه با یافته‌های پژوهش پیشنهادی کاربردی و پژوهشی زیر ارائه می‌گردد:

پیشنهاد‌های کاربردی: پیشنهاد می‌شود به معلمانی که با تدریس موضوعات پیچیده سروکار دارند، استفاده از الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای آموزش داده شود. 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 یادگیری موضوعات پیچیده دانش‌آموزان را با مسائل روزمرگی و جهان واقعی بر اساس الگوی چهار مؤلفه‌ای تقویت کنند.

پیشنهاد‌های پژوهشی: الگوی چهار مؤلفه‌ای در محیط‌های یادگیری پیچیده چندرسانه‌ای به کار رود و میزان هر سه نوع بار شناختی مطابق با این الگو بررسی شود. میزان یادگیری چهارده اصل طراحی آموزشی چندرسانه‌ای‌های ون مرینبوئر (۱۹۹۷) در دروس مختلف بررسی شود.

### منابع

- بیابانگرد، اسماعیل. (۱۳۹۱). *روانشناسی تربیتی: روانشناسی آموزش و یادگیری* (ویرایش اول). تهران: ویرایش.
- دهقان‌زاده، حجت. (۱۳۹۳). تأثیر الگوهای طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای و گانه به صورت چندرسانه‌ای بر یادگیری درس علوم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی تهران.
- ریچی، ریتاسی، کلاین؛ جیمز، دی و ترسی. مونیکا، دبلیو. (۱۳۹۱). *نظریه، پژوهش، عمل، دانش پایه طراحی آموزشی، ترجمه حسین زنگنه و الهه ولایتی*. تهران: آوای نور. (انتشار به زبان اصلی، ۲۰۱۱).
- سیف، علی اکبر. (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. (تاریخ انتشار به زبان اصلی، ۲۰۰۹).

- 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 فیضی، آوات. (۱۳۹۱). تأثیر رعایت اصول طراحی آموزشی بر بارشناختی موضوعات یادگیری در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای. *فصلنامه مطالعات برنامه درسی آموزش عالی*. سال ۳، شماره ۶، پاییز و زمستان ۱۳۹۱، صص: ۲۹-۴۶.
- موریسون، گری. آ؛ روس، ام. استیون، و کمپ، ای. جرالد. (۱۳۸۷). *طراحی آموزش اثربخش*، ترجمه غلامحسین رحیمی 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 دودستی. *فصلنامه رشد و حرکت-ورزشی*. شماره ۴. صص: ۱۳۳-۱۴۹.
- نوروزی، داریوش و رضوی، سید عباس. (۱۳۹۱). *مبانی طراحی آموزشی*. تهران: سمت.

- Enfield, J. (2012). *Designing an educational game with ten steps to complex learning* (Doctoral dissertation, faculty of the University Graduate School in partial fulfillment of the requirements for the degree Doctor of Philosophy in the Department of Instructional Systems Technology, Indiana University).
- Lewis, M. W., & Anderson, J. R. (1985). Discrimination of operator schemata in problem solving: Learning from examples. *Cognitive psychology*, 17(1), 26-65.
- Lim, J., Reiser, R. A., & Olina, Z. (2009). The effects of part-task and whole-task instructional approaches on acquisition and transfer of a complex cognitive skill. *Educational Technology Research and Development*, 57(1), 61-77.
- Merrill, M. D. (2002). First principles of instruction. *Educational technology research and development*, 50 (3), 43-59.
- Fred G. W., Paas, F. G., & Van Merriënboer, J. J. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of educational psychology*, 86(1), 122.
- Paas, F. G., Van Merriënboer, J. J., & Adam, J. J. (1994). Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual and motor skills*, 79 (1), 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., & Brünken, R. (2010). *Cognitive load theory*. Cambridge University Press.
- Reigeluth, C. M. (Ed.). (2013). *Instructional design theories and models: An overview of their current status*. Routledge.
- 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, A. P., van Merriënboer, J., van Dalen, J., Claramita, M., & Scherpbier, A. (2013). From lecture to learning tasks: use of the 4C/ID model in a communication skills course in a continuing professional education context. *The Journal of Continuing Education in Nursing*.
- 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* (4), 424.
- Van Merriënboer, J. J., Clark, R. E., & De Croock, M. B. (2002). Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model. *Educational technology research and development, 50*(2), 39-61.

