



پیاده سازی «سختی های مطلوب» (Desirable Difficulties) در فرآیند یادگیری

مریم بهروزیان فرد

کارشناس ارشد مهندسی شیمی، آموزگار آموزش و پرورش دزفول، خوزستان، ایران

مهتاب آندیده

کارشناس آموزش ابتدایی، آموزگار آموزش و پرورش دزفول، خوزستان، ایران

فاطمه امید نیا

کاردان تربیت بدنی، آموزگار آموزش و پرورش دزفول، خوزستان، ایران

فاطمه نصیری

کارشناس ارشد ابتدایی، آموزگار آموزش و پرورش دزفول، خوزستان، ایران



MDOI-02-2026.0195
MNR-209-2-554234

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی راهبردهای پیاده سازی نظریه «سختی های مطلوب» (Desirable Difficulties) در فرآیند یادگیری و تحلیل نقش آن در ارتقای بازدهی تحصیلی دانش آموزان بدون نیاز به بازآموزی و تدریس مجدد انجام شده است. روش پژوهش در این مطالعه، توصیفی-تحلیلی از نوع کتابخانه ای و اسنادی است. داده های مورد نیاز از طریق بررسی، تحلیل و ترکیب ادبیات پژوهشی و مبانی نظری موجود در پایگاه های داده معتبر علمی استخراج گردیده اند. یافته های پژوهش نشان می دهند که اگرچه راهبردهای بهینه سازی یادگیری مانند فاصله گذاری (Spacing)، درهم تنی موضوعات (Interleaving) و آزمون های بازیابی حافظه (Retrieval Practice) در کوتاه مدت سرعت یادگیری را کاهش داده و دشواری های موقتی برای یادگیرنده ایجاد می کنند (که تحت عنوان سختی های مطلوب شناخته می شوند)، اما در بلندمدت از طریق تقویت بازنمایی های ذهنی و تحکیم رد عصبی در حافظه (Consolidation)، ماندگاری اطلاعات را به طور معناداری افزایش می دهند. تحلیل های این پژوهش مشخص می سازد که استفاده سازمان یافته از این تکنیک ها در طراحی آموزشی، بدون تحمیل بار تدریس مجدد بر معلم، منجر به انتقال فعال اطلاعات از حافظه کاری به حافظه بلندمدت و افزایش عمق پردازش شناختی می گردد. در نهایت، الگوهای عملیاتی جهت ادغام این راهبردها در برنامه های درسی مدارس ارائه شده است.

کلیدواژه ها: سختی های مطلوب، فاصله گذاری، درهم تنی، آزمون بازیابی حافظه، روان شناسی شناختی، یادگیری پایدار.



مقدمه

یکی از چالش های بنیادین در نظام های آموزشی مدرن، تمایز میان «عملکرد آنی» (Performance) و «یادگیری پایدار» (Learning) است. در بسیاری از طراحی های آموزشی سنتی، ملاک موفقیت تحصیلی، میزان پاسخ دهی صحیح دانش آموزان بلافاصله پس از اتمام فرآیند تدریس است؛ رویکردی که تحت عنوان «تمرین متمرکز یا توده ای» (Massed Practice) شناخته می شود (Bjork, ۲۰۱۱ & Bjork). با این حال، شواهد تجربی در روان شناسی شناختی نشان می دهند که عملکرد سریع و روان در کوتاه مدت، لزوماً به معنای ذخیره سازی اطلاعات در حافظه بلندمدت و توانایی بازیابی آن در آینده نیست (Dempster, ۱۹۸۹). در واقع، تکنیک هایی که یادگیری را در مراحل اولیه آسان، سریع و بدون چالش جلوه می دهند، اغلب منجر به پدیده ای به نام «توهم دانستن» (Illusion of Competence) شده و در آزمون های تأخیری با افت شدید عملکرد همراه می شوند (Bjork, ۲۰۰۸ & Kornell).

در پاسخ به این ناکارآمدی، رابرت بیورک (Bjork Robert) در سال ۱۹۹۴ نظریه «سختی های مطلوب» (Desirable Difficulties) را مطرح کرد. این نظریه بر این فرض استوار است که ایجاد چالش های طراحی شده و عمدی در طول فرآیند یادگیری، اگرچه سرعت اولیه اکتساب دانش را کاهش می دهد، اما پردازش شناختی عمیق تری را تحریک کرده و ماندگاری و انتقال اطلاعات در حافظه بلندمدت را به طور معناداری ارتقا می بخشد (Bjork, ۱۹۹۴). نقطه قوت این نظریه در این است که اجرای آن نیازی به افزایش ساعات تدریس یا بازآموزی مجدد مطالب توسط معلم ندارد، بلکه چگونگی سازماندهی و بازیابی مطالب توسط دانش آموز را بهینه سازی می کند (Karpicke, ۲۰۰۶ & Roediger).

با وجود پشتوانه های تجربی قوی در حوزه آزمایشگاهی، انتقال این یافته ها به کلاس های درس واقعی همچنان با موانع متعددی روبروست. معلمان و دانش آموزان به دلیل تمایل به کسب نتایج سریع، غالباً از روش های دشوارتر شناختی پرهیز کرده و به روش های غیرکارآمد مانند روخوانی مجدد (Rereading) و خط کشیدن زیر مطالب



(Highlighting) روی می آورند (Dunlosky et al., ۲۰۱۳). از این رو، مسئله اصلی پژوهش حاضر این است که چگونه می توان راهبردهای کلیدی سختی های مطلوب شامل «فاصله گذاری» (Spacing)، «درهم تنی موضوعات» (Interleaving) و «آزمون های بازیابی حافظه» (Retrieval Practice) را به عنوان ابزارهای کاربردی در فرآیند یادگیری دانش آموزان پیاده سازی کرد تا بازدهی تحصیلی آنها بدون نیاز به تدریس مجدد افزایش یابد؟

روش پژوهش

پژوهش حاضر از منظر هدف، یک مطالعه کاربردی-توسعه ای و از نظر ماهیت و روش اجرای کار، یک تحقیق توصیفی-تحلیلی با رویکرد سنتز پژوهی کتابخانه ای و اسنادی (Method Archival & Documentary) است. روش های کتابخانه ای در حوزه علوم تربیتی و روان شناسی شناختی، زمانی که هدف تحلیل ساختاریافته، نقد، ترکیب و بومی سازی نظریه های علمی تثبیت شده و ارائه مدل های کاربردی جدید باشد، از کارآمدی بالایی برخوردارند (مرتضوی، ۱۳۹۸). در این راستا، جامعه پژوهش شامل کلیه اسناد، مقالات علمی-پژوهشی، کتب تخصصی، پایان نامه ها و گزارش های پژوهشی معتبر منتشر شده در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۶ میلادی در سطح بین المللی و داخلی مرتبط با نظریه «سختی های مطلوب» (Desirable Difficulties) و راهبردهای یادگیری شناختی است.

مبانی نظری

شالوده نظری فرآیند یادگیری در روان شناسی شناختی مدرن بر پایه چگونگی پردازش، ذخیره سازی و بازیابی اطلاعات استوار است. برای درک عمیق سازوکار «سختی های مطلوب»، بررسی و تحلیل نظریه های زیربنایی این حوزه ضرورت دارد.

۱. نظریه سختی های مطلوب رابرت بیورک (Desirable Difficulties Theory)



این نظریه اولین بار توسط رابرت بیورک مطرح شد (Bjork, ۱۹۹۴). فرضیه محوری این دیدگاه بر این اصل استوار است که ایجاد موانع و چالش های تعمدی و هدایت شده در طول فرآیند اکتساب دانش، پردازش شناختی عمیق تری را تحریک می کند. بیورک و بیورک (۲۰۱۱) میان دو مفهوم کلیدی تمایز قائل می شوند:

عملکرد (Performance): میزان پاسخ دهی و توانایی بازتولید اطلاعات بلافاصله پس از آموزش یا در حین تمرین است که به طور موقت در حافظه کاری (Working Memory) جاری است.

یادگیری (Learning): تغییرات نسبتاً پایدار در ساختارهای شناختی و توانایی بازیابی و به کارگیری اطلاعات در زمان ها و بافت های متفاوت در آینده است.

نظریه بیورک بیان می کند که بهبود سریع عملکرد در طول تمرینات متمرکز، اغلب یادگیری پایدار را کاهش می دهد. در مقابل، مداخلاتی که عملکرد اولیه را کند و دشوار می سازند (مانند آزمون گرفتن بدون مطالعه قبلی)، یادگیری بلندمدت را به شدت تقویت می کنند (Bjork, ۲۰۲۰ & Bjork).

۲. فرضیه قدرت ذخیره و قدرت بازیابی (Storage Strength vs. Retrieval Strength)

بیورک و بیورک (۲۰۱۱) مدل جدیدی از حافظه را ارائه دادند که بر دو متغیر متمایز تکیه دارد: قدرت ذخیره (Storage Strength): نشان دهنده میزان تثبیت و در هم تنیدگی یک رد حافظه با سایر دانش های پیشین است. این قدرت با گذشت زمان از بین نمی رود و ظرفیت آن نامحدود فرض می شود.

قدرت بازیابی (Retrieval Strength): نشان دهنده میزان دسترسی فعلی به یک رد حافظه در یک لحظه خاص است. این قدرت به شدت تحت تاثیر نشانه های محیطی و مرورهای اخیر قرار دارد و با گذشت زمان کاهش می یابد.

بر اساس این مدل ریاضی-شناختی، فرآیند بازیابی اطلاعات زمانی بیشترین اثر را بر افزایش «قدرت ذخیره» دارد که «قدرت بازیابی» در پایین ترین حد خود باشد (یعنی زمانی که یادگیرنده مطلب را تقریباً فراموش کرده



است). از این رو، ایجاد سختی از طریق فاصله اندازی، قدرت بازیابی را تضعیف کرده و در نتیجه، تلاش برای بازیابی مجدد، قدرت ذخیره را به حداکثر می‌رساند (Bjork, ۲۰۱۵ & Soderstrom).

۳. نظریه پردازش مناسب با انتقال (Transfer-Appropriate Processing - TAP)

نظریه پردازش مناسب با انتقال که توسط موریس، برانسفورد و فرانکز (۱۹۷۷) معرفی شد، بیان می‌کند که یادگیری زمانی بهینه‌ترین حالت انتقال به شرایط واقعی را دارد که فرآیندهای شناختی در زمان مطالعه با فرآیندهای شناختی مورد نیاز در زمان آزمون یا کاربرد واقعی منطبق باشند (Franks, & Morris, Bransford, ۱۹۷۷). روش‌های سنتی مانند روخوانی صرف، تنها فرآیندهای بازشناسی (Recognition) را تقویت می‌کنند، در حالی که آزمون‌های واقعی به یادآوری فعال (Recall) نیاز دارند. سختی‌های مطلوب نظیر «آزمون بازیابی»، دانش‌آموز را وادار به بازسازی فعال ذهنی می‌کنند که دقیقاً با شرایط واقعی بازیابی اطلاعات همخوانی دارد (Karpicke, ۲۰۰۶ & Roediger).

۴. نظریه بار شناختی (Cognitive Load Theory)

ارتباط میان نظریه بار شناختی سوئلر (Sweller, ۱۹۸۸) و سختی‌های مطلوب بسیار حائز اهمیت است. بر اساس دیدگاه سوئلر، حافظه کاری انسان دارای ظرفیت محدودی است. بار شناختی به سه دسته تقسیم می‌شود: بار شناختی درونی (Intrinsic Load): ناشی از دشواری ذاتی خود مطلب.

بار شناختی بیرونی (Extraneous Load): ناشی از طراحی ضعیف آموزشی و عوامل مزاحم.

بار شناختی مطلوب (Germane Load): تلاشی که صرف ساخت طرحواره‌های ذهنی و سازماندهی اطلاعات در

حافظه بلندمدت می‌شود (Paas, ۱۹۹۸ & Sweller, Van Merriënboer).

سختی‌های مطلوب نباید با بار شناختی بیرونی اشتباه گرفته شوند؛ این سختی‌ها دقیقاً بار شناختی مطلوب

(Germane) را فعال می‌کنند که منجر به درگیری ذهنی عمیق یادگیرنده با ساختار درونی محتوا و ادغام آن با

دانش قبلی می‌گردد (Sweller, ۲۰۱۱).

پیشینه پژوهش

تحقیقات متعددی در سطح بین‌المللی و داخلی به بررسی اثربخشی راهبردهای یادگیری مبتنی بر نظریه سختی‌های مطلوب پرداخته‌اند. در ادامه، کلیدی‌ترین پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه به صورت تفکیک‌شده مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱. پژوهش‌های خارجی (بین‌المللی)

یکی از مطالعات کلاسیک و بنیادین در این زمینه توسط رودیگر و کارپیک (Karpicke, ۲۰۰۶ & Roediger) انجام شد. آن‌ها در پژوهشی شبه‌تجربی تحت عنوان «قدرت تمرین بازیابی»، اثر دو متغیر «مطالعه مجدد» (Study-Study) و «آزمون بازیابی» (Study-Test) را بر ماندگاری اطلاعات در حافظه دانش‌آموزان مقایسه کردند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که اگرچه گروه مطالعه مجدد در آزمون فوری (پس از ۵ دقیقه) عملکرد بهتری داشت، اما در آزمون‌های تاخیری (پس از یک هفته)، گروهی که تحت آزمون بازیابی فعال قرار گرفته بودند، ۵۰ درصد ماندگاری اطلاعات بیشتری نسبت به گروه سنتی نشان دادند. این پژوهش عملاً فرضیه برتری بازسازی فعال ذهن بر مرور منفعلانه را اثبات کرد.

در زمینه‌ی اثر «درهم‌تنی موضوعات»، کورنل و بیورک (Bjork, ۲۰۰۸ & Kornell) طی پژوهشی به بررسی توانایی افراد در یادگیری سبک‌های نقاشی هنرمندان مختلف پرداختند. در این مطالعه، تصاویر نقاشی‌ها به دو روش متوالی (تمرین متمرکز) و درهم‌تنیده (ترکیب تصادفی سبک‌های مختلف) به شرکت‌کنندگان ارائه شد. نتایج نشان داد که یادگیری درهم‌تنیده منجر به تشخیص بسیار دقیق‌تر سبک‌های هنری جدید در آزمون نهایی شد. نکته جالب توجه این بود که اکثر شرکت‌کنندگان به طور شهودی تصور می‌کردند روش متوالی برایشان مفیدتر بوده است؛ یافته‌ای که پدیده «توهم یادگیری» را در روش‌های سنتی تأیید می‌کند.



همچنین، دانلوسکی و همکاران (Dunlosky et al, ۲۰۱۳) در یک فراتحلیل جامع و بسیار معتبر، به ارزیابی ۱۰ راهبرد یادگیری متداول پرداختند. در این پژوهش مشخص شد که دو راهبرد «تمرین توزیع شده یا فاصله گذاری» (Distributed Practice) و «تمرین بازیابی» (Practice Retrieval) دارای بالاترین میزان مطلوبیت و کارآمدی (Utility Value) در میان تمامی تکنیک ها هستند، زیرا در طیف گسترده ای از سنین، کتاب های درسی و شرایط کلاسی گوناگون، اثربخشی پایدار خود را نشان داده اند، در حالی که روش های محبوبی مانند هایلایت کردن و خلاصه نویسی در پایین ترین سطح کارآمدی قرار گرفتند.

در پژوهشی نوین تر، بیورک و بیورک (Bjork, ۲۰۲۰ & Bjork) با بررسی ابعاد جدیدی از سختی های مطلوب در بستر آموزش مجازی، نشان دادند که اعمال فواصل زمانی مشخص میان جلسات یادگیری دیجیتال و وادار کردن دانش آموزان به پاسخ دهی به سوالات چندگزینه ای چالش برانگیز در حین تماشای ویدئوهای آموزشی، افت تحصیلی ناشی از خستگی دیجیتال را به طور چشمگیری کاهش می دهد.

۲. پژوهش های داخلی (ایران)

در داخل کشور نیز توجه پژوهشگران به سمت کاربرد نظریه های شناختی در کلاس درس جلب شده است. صابری، کریمی و مهدوی (۱۴۰۱) در پژوهشی شبه تجربی به بررسی تاثیر آزمون های بازیابی فاصله دار بر پیشرفت تحصیلی و خودتنظیمی دانش آموزان متوسطه اول در درس علوم تجربی پرداختند. یافته های آنان نشان داد که گروه مداخله (که آزمون های کوئیز کوتاه هفتگی بدون نمره دهی مستقیم را تجربه کرده بودند) در آزمون پایانی نیم سال، نمرات به مراتب بالاتری نسبت به گروه کنترل (کلاس سنتی) کسب کردند و اضطراب آزمون کمتری را گزارش دادند.

امیری و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه ای به مقایسه اثربخشی روش آموزش درهم تنیده و مسدود (متوالی) بر یادگیری مفاهیم ریاضی دانش آموزان مقطع ابتدایی پرداختند. نتایج تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر در پژوهش آن ها نشان داد که اگرچه فرآیند حل مسئله ریاضی در روش درهم تنیده در ابتدا زمان برتر و با خطای



بیشتری همراه بود، اما در آزمون پیگیری (که چهار هفته پس از اتمام مداخله برگزار شد)، دانش‌آموزان گروه درهم‌تنیده توانایی حل مسائل جدید و انتقال یادگیری (Transfer of Learning) بسیار قوی‌تری را از خود نشان دادند.

علاوه بر این، یزدانی و صادقی (۱۴۰۲) در یک پژوهش توصیفی-تحلیلی به بررسی موانع شناختی معلمان در به‌کارگیری راهبردهای فاصله‌گذاری در مدارس ابتدایی پرداختند. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن بود که «فشار زمانی برای اتمام بودجه‌بندی کتاب درسی» و «عدم آشنایی دبیران با تفاوت عملکرد و یادگیری» از مهم‌ترین موانع ساختاری در پیاده‌سازی این دسته از سختی‌های مطلوب در نظام آموزشی ایران است.

تحلیل‌ها

در این بخش، سه محور عملیاتی فرآیند یادگیری مبتنی بر سختی‌های مطلوب شامل فاصله‌گذاری (Spacing)، درهم‌تنی (Interleaving) و تمرین بازیابی (Retrieval Practice) به طور مجزا و عمیق از منظر سازوکارهای شناختی، عصب‌شناختی و نحوه پیاده‌سازی بدون نیاز به تدریس مجدد مورد تحلیل قرار می‌گیرند.

۱. تحلیل شناختی اثر فاصله‌گذاری (The Spacing Effect)

روش مرسوم در مدارس، انباشت اطلاعات یا تمرین متمرکز (Massed Practice) است که در آن معلم یک فصل را تدریس کرده و دانش‌آموزان بلافاصله تمام تمرین‌های مربوط به آن را حل می‌کنند. در مقابل، «فاصله‌گذاری» به تقسیم جلسات تمرینی یا مروری در طول زمان اشاره دارد (Dempster, ۱۹۸۹).

مکانیسم شناختی: بر اساس «فرضیه توجه تقلیل‌یافته» (Decreased Attention Hypothesis)، ارائه متوالی و پشت‌سرهم یک مطلب علمی باعث می‌شود که سیستم پردازش شناختی یادگیرنده در دفعات دوم و سوم توجه کمتری به محتوا داشته باشد، زیرا مطلب در حافظه کاری زنده است و مغز تمایلی به پردازش عمیق‌تر ندارد (Bjork, ۲۰۰۸ & Kornell). اما با اعمال فاصله زمانی، پردازش مجدد مطلب با تلاش شناختی همراه می‌شود.



تحلیل مدل بیورک: بر اساس نظریه دو فاکتوری حافظه (Bjork, ۲۰۱۱ & Bjork)، با گذشت زمان، «قدرت بازیابی» مطلب افت می کند. وقتی دانش آموز در این وضعیت افت قدرت بازیابی، مجدداً با موضوع مواجه می شود، برای یادآوری آن باید تلاش ذهنی زیادی انجام دهد. این «سختی مطلوب» سبب می شود که «قدرت ذخیره» به شدت افزایش یابد.

سازوکار عصبی: مطالعات تصویربرداری مغزی نشان می دهند که فاصله گذاری به تثبیت سیناپسی (Synaptic Consolidation) در قشر پیش پیشانی و هیپوکامپ کمک می کند و از پدیده خستگی یا اشباع دندریتی جلوگیری می نماید (Bjork, ۲۰۱۵ & Soderstrom).

۲. تحلیل شناختی اثر درهم تنی موضوعات (Interleaving)

در طراحی آموزشی سنتی، مسائل و موضوعات به صورت بلوکی ارائه می شوند (به عنوان مثال، ابتدا حل ۱۰ مسئله فقط از فرمول الف، سپس ۱۰ مسئله از فرمول ب). در روش درهم تنی، مسائل مربوط به موضوعات یا فرمول های مختلف به صورت تصادفی و ترکیبی در کنار هم قرار می گیرند (Taylor, ۲۰۰۷ & Rohrer). مکانیسم شناختی (فرضیه تمایز پذیری - Discriminability Hypothesis): وقتی مسائل به صورت بلوکی ارائه می شوند، دانش آموز پیش از خواندن مسئله می داند که باید از کدام فرمول استفاده کند و چالش اصلی او صرفاً محاسبات عددی است. اما در روش درهم تنی، دانش آموز ابتدا باید تشخیص دهد که این مسئله متعلق به کدام مبحث است. این فرآیند انتخاب راهبرد (Selection Strategy)، یک چالش شناختی سنگین اما بسیار مطلوب ایجاد می کند (Dunlosky, ۲۰۱۳, et al.).

تقویت تفکر مقایسه ای: درهم تنی به مغز اجازه می دهد که شباهت ها و تفاوت های ظریف میان مفاهیم مشابه را تحلیل کند. به عنوان مثال، در فیزیک، ترکیب مسائل حرکت شتاب دار و حرکت یکنواخت به دانش آموز یاد می دهد که چگونه متغیرهای کلیدی هر دو مبحث را از یکدیگر متمایز سازد، امری که در تمرین های بلوکی اتفاق نمی افتد (Rohrer, Dedrick, ۲۰۱۵ & Stershic).

۳. تحلیل شناختی تمرین بازیابی (Retrieval Practice)

بسیاری از دانش‌آموزان برای آماده‌سازی خود جهت امتحانات، کتاب یا جزوه را باز کرده و آن را چندین بار روخوانی می‌کنند (Rereading). روان‌شناسی شناختی این کار را یکی از کم‌بازده‌ترین روش‌ها می‌داند (Karpicke, ۲۰۰۶ & Roediger). در مقابل، «تمرین بازیابی» یعنی بیرون کشیدن فعالانه اطلاعات از حافظه بدون نگاه کردن به منبع.

مکانیسم شناختی (فرضیه تلاش برای بازیابی - Retrieval Effort Hypothesis): تلاش فعال برای بازیابی یک مفهوم از حافظه بلندمدت، مسیرهای دسترسی نوروونی به آن مفهوم را بازسازی و مستحکم می‌کند. بر اساس تحقیقات رودیگر و باتلر (۲۰۱۱)، فرآیند بازیابی صرفاً یک ابزار ارزیابی نیست، بلکه یک «رویداد یادگیری قوی» است که ساختار دانش را در ذهن تغییر می‌دهد (Butler, ۲۰۱۱ & Roediger).

حل مسئله «توهم دانستن» (Illusion of Competence): روخوانی مجدد حس کاذب تسلط را ایجاد می‌کند زیرا اطلاعات به راحتی در جلوی چشم دانش‌آموز قرار دارد و حافظه کاری او را فریب می‌دهد. آزمون‌های بازیابی کم‌هزینه (مانند فلش‌کارت‌ها یا کوییزهای سریع بدون نمره) این توهم را می‌شکنند و به یادگیرنده نشان می‌دهند که واقعاً چه بخش‌هایی از مطلب را فراموش کرده است (Bjork, ۲۰۰۸ & Kornell).

جدول مقایسه‌ای مکانیسم‌های سنتی در برابر سختی‌های مطلوب

راهبرد آموزشی	رویکرد سنتی (یادگیری آسان/کم‌بازده)	رویکرد سختی مطلوب (یادگیری چالش‌برانگیز/پایدار)	مکانیسم شناختی فعال شده
توزیع زمان	تمرین متمرکز و فشرده شب امتحان (Massed)	توزیع تمرین‌ها در بازه‌های زمانی مشخص (Spaced)	کاهش افت توجه و تحکیم حافظه در هیپوکامپ
ترتیب مطالب	تمرینات طبقه‌بندی شده و تکراری (Blocked)	تمرینات ترکیبی و تصادفی (Interleaved)	تقویت مهارت تمایزگذاری و انتخاب راهبرد حل مسئله



مرور محتوا	مرور منفعلانه، روخوانی مجدد و هایلایت (Passive)	بازیابی فعال با استفاده از کوئیز و خودآزمایی (Active)	بازسازی فعال مسیرهای سیناپسی و شکستن توهم دانستن
------------	--	---	--

یافته ها

تحلیل و سنتز یافته های حاصل از اسناد و مطالعات تجربی بررسی شده در این پژوهش کتابخانه ای، منجر به استخراج نتایج کلیدی در سه حوزه عملیاتی گردید. این یافته ها نشان می دهند که چگونه اعمال متغیرهای مداخله ای نظریه «سختی های مطلوب»، بدون نیاز به افزایش بودجه زمانی یا تدریس مجدد مطالب، بازدهی تحصیلی را ارتقا می بخشد.

۱. یافته های کمی مرتبط با تمرین بازیابی (Retrieval Practice)

تحلیل مطالعات نشان می دهد که آزمون های مستمر بدون نمره یا کم هزینه (Low-stakes Testing) اثری بسیار قوی تر از مطالعه مجدد غیرفعال دارند. بر اساس فراتحلیل Adesope و همکاران (۲۰۱۷)، اندازه اثر (Effect Size) تمرین بازیابی در مقایسه با مطالعه مجدد معادل $d = 0.61$ به دست آمده است که نشان دهنده اثربخشی بسیار بالا در افزایش ماندگاری اطلاعات است (Adesope et al., ۲۰۱۷).

شواهد حاصل از بررسی ها نشان می دهند که:

شکستن توهم دانستن: دانش آموزانی که از تمرین بازیابی استفاده کرده اند، تا ۴۰ درصد تخمین دقیق تری از میزان دانش واقعی خود در مقایسه با همتایان خود در گروه بازخوانی داشته اند (Bjork & Kornell, ۲۰۰۸).

اثر آزمون‌دهی پیشین (Pre-testing Effect): مواجهه دانش‌آموزان با سوالات چالش‌برانگیز پیش از شروع تدریس، حتی زمانی که به سوالات پاسخ اشتباه می‌دهند، ذهن را برای جذب اطلاعات کلیدی آماده کرده و یادگیری نهایی را تا ۱۵ درصد بهبود می‌بخشد (Carpenter et al., ۲۰۲۲).

۲. یافته‌های کمی مرتبط با اثر فاصله‌گذاری (Spacing Effect)

یافته‌های استخراج‌شده از پژوهش‌های طولی نشان می‌دهند که فاصله انداختن میان جلسات مرور به شدت نرخ فراموشی را کاهش می‌دهد. نمودار کلاسیک $E = E_0 e^{-kt}$ پذیرای اینگهاوس در تحقیقات مدرن به خوبی تعدیل شده است؛ پژوهش Cepeda و همکاران (۲۰۰۸) بر روی بازه‌های زمانی بهینه نشان داد که برای آزمون نهایی که مثلاً در ۶ ماه آینده برگزار می‌شود، فاصله بهینه میان اولین مطالعه و جلسه مرور باید حدود ۲۸ روز باشد (Cepeda et al., ۲۰۰۸).

یافته‌های کیفی و کمی در این بخش مشخص می‌سازند که:

یادگیری فاصله‌دار در مقایسه با یادگیری فشرده، منجر به افزایش ماندگاری مطالب در آزمون‌های تأخیری (با فاصله بیش از یک ماه) به میزان حداقل ۳۵ درصد می‌گردد (Dunlosky et al., ۲۰۱۳). به کارگیری این روش مانع از پدیده «تداخل پس‌گستر» (Interference Retroactive) شده و به تثبیت طولانی‌مدت اطلاعات کمک می‌کند (Bjork, ۲۰۱۵ & Soderstrom).

۳. یافته‌های کمی مرتبط با اثر درهم‌تنی موضوعات (Interleaving Effect)

نتایج تحلیل پژوهش‌های مرتبط با دروس ساختاریافته مانند ریاضیات و فیزیک نشان‌دهنده برتری مطلق روش درهم‌تنی در آزمون‌های نهایی است. در مطالعه شاخص Rohrer و همکاران (۲۰۱۵)، دانش‌آموزانی که مسائل ریاضی (مانند محاسبه حجم اشکال هندسی مختلف) را به صورت درهم‌تنیده تمرین کرده بودند، در آزمون نهایی که یک روز بعد برگزار شد، ۲۵ درصد و در آزمون تأخیری که ۳۰ روز بعد برگزار شد، ۷۶ درصد عملکرد بهتری نسبت به گروه تمرین بلوکی (سنتی) نشان دادند (Rohrer, Dedrick & Stershic, ۲۰۱۵).



مهم‌ترین یافته در این بخش این است که درهم‌تنی به دانش‌آموز توانایی «تشخیص نوع مسئله» را می‌دهد، در حالی که روش بلوکی تنها توانایی «اجرای فرمول» را تقویت می‌کند (Taylor, ۲۰۰۷ & Rohrer).

۴. ترکیب راهبردها در یک مدل کلاسی بدون تدریس مجدد

یکی از یافته‌های کلیدی پژوهش حاضر، ارائه الگوی ادغام این راهبردها در طراحی آموزشی معلمان بدون نیاز به بازآموزی است. این مدل که در جدول زیر خلاصه شده است، نشان می‌دهد معلم چگونه می‌تواند در ساختار زمانی فعلی کلاس خود تغییرات اثربخش ایجاد کند:

گام آموزشی	نحوه اجرای سنتی	نحوه اجرا بر اساس یافته‌های سختی‌های مطلوب	منبع علمی پشتیبان
شروع کلاس (۱۰ دقیقه اول)	حضور و غیاب و مرور خلاصه درس قبلی توسط معلم	کوئیز کوتاه ۲ سوالی بدون نمره از درس هفته قبل (بازیابی + فاصله‌گذاری)	(Roediger & Karpicke, ۲۰۰۶)
ارائه تکالیف خانگی	۱۰ مسئله فقط از موضوع تدریس‌شده همان روز	۵ مسئله از موضوع امروز + ۵ مسئله از موضوعات هفته‌های گذشته (درهم‌تنی)	(Taylor, & Rohrer, ۲۰۰۷)
آماده‌سازی برای امتحان	تخصیص یک جلسه کامل به بازخوانی خلاصه درس‌ها	ارائه آزمون‌های شبیه‌ساز با سوالات چند گزینه‌ای تحلیلی و بازخوانی فعال	(Carpenter et al., ۲۰۲۲)

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی راهبردهای پیاده‌سازی نظریه «سختی‌های مطلوب» (Desirable Difficulties) در فرآیند یادگیری به روش توصیفی-تحلیلی کتابخانه‌ای انجام شد. بر اساس سنتز یافته‌های پژوهش‌های روان‌شناسی شناختی و علوم تربیتی، می‌توان نتیجه گرفت که ساختار سنتی آموزش کلاسی که عمدتاً بر ساده‌سازی حداکثری فرآیند تدریس، مرورهای متوالی و پیوسته (Massed Practice) و آزمون‌های سنجش حافظه کوتاه‌مدت متمرکز است، کارایی لازم را برای تثبیت اطلاعات در حافظه بلندمدت ندارد. این رویکردهای



سنتی اگرچه منجر به ارتقای سریع و موقت «عملکرد» (Performance) کلاسی می‌شوند، اما به دلیل عدم تثبیت سیناپسی در هیپوکامپ، با سرعت بالایی دچار فراموشی شده و پدیده مخرب «توهم دانستن» (Illusion of Competence) را در دانش‌آموزان ایجاد می‌کنند (Dunlosky et al & Bjork, ۲۰۱۱; Bjork, ۲۰۱۳).

در مقابل، نتایج تحلیل‌های این پژوهش نشان داد که اعمال چالش‌های شناختی هدفمند تحت عنوان سختی‌های مطلوب، به طور معناداری ماندگاری طولانی‌مدت اطلاعات و توانایی انتقال یادگیری (Transfer of Learning) را افزایش می‌دهد (Bjork, ۱۹۹۴). فرآیند «فاصله‌گذاری» با کاهش موقت قدرت بازیابی اطلاعات، ذهن را وادار به تلاش مجدد برای فراخوانی کرده و در نتیجه قدرت ذخیره ذهنی را به حداکثر می‌رساند (Bjork & Soderstrom, ۲۰۱۵). از سوی دیگر، راهبرد «درهم‌تنی موضوعات» تفکر مقایسه‌ای و توانایی تمایزگذاری میان مفاهیم مشابه را تقویت کرده و به یادگیرنده در انتخاب راهبرد بهینه حل مسئله یاری می‌رساند (Rohrer et al., ۲۰۱۵). در نهایت، «تمرین بازیابی» به عنوان یک ابزار قدرتمند یادگیری (و نه صرفاً ارزیابی)، بازنمایی‌های ذهنی را تغییر داده و مسیرهای دسترسی نوروونی به اطلاعات را مستحکم می‌سازد (Karpicke, ۲۰۰۶ & Roediger).

مهم‌ترین مزیت راهبردی این نظریه در بستر کلاس‌های درس واقعی، خصلت مقرون‌به‌صرفه بودن و عدم نیاز به تدریس مجدد محتوا است. معلمان می‌توانند صرفاً با تغییر در سازماندهی تکالیف (از بلوکی به درهم‌تنیده)، گنجاندن کوییزهای مستمر بدون نمره در شروع کلاس، و طراحی فواصل زمانی مرور، کارآمدی فرآیند آموزش را بدون تحمیل بار کاری اضافی بر خود یا دانش‌آموزان به طور چشمگیری افزایش دهند (Adesope et al., ۲۰۱۷).

مانع اصلی در پیاده‌سازی این رویکرد، عدم آگاهی معلمان و مقاومت شناختی دانش‌آموزان به دلیل ماهیت چالش‌برانگیز این راهبردها است که نیازمند بازنگری در طراحی برنامه‌های درسی و آموزش‌های بدو خدمت دبیران می‌باشد (یزدانی و صادقی، ۱۴۰۲).

پیشنهادهای



بر مبنای یافته های استخراج شده از این پژوهش، پیشنهادهای کاربردی و پژوهشی زیر در سه سطح سیاست گذاری آموزشی، دبیران مدارس و پژوهشگران ارائه می گردد:

۱. پیشنهادهای کاربردی برای دبیران و طراحان آموزشی

ادغام کوئیزهای بازیابی هفتگی: پیشنهاد می شود دبیران در ۱۰ دقیقه ابتدایی هر جلسه کلاسی، کوئیزهای بسیار کوتاه (۲ تا ۳ سوالی) بدون نمره یا کم هزینه از مطالب تدریس شده در هفته های قبل برگزار کنند تا فرآیند بازیابی فعال و فاصله گذاری همزمان فعال شود (Butler, ۲۰۱۱ & Roediger).

ساختاردهی تکالیف به روش درهم تنیده: توصیه می شود طراحان کتاب های کار و معلمان، به جای ارائه تکالیف یکدست و بلوکی، سوالات را به صورت ترکیبی طراحی کنند؛ به طوری که هر تکالیف شامل سوالاتی از درس جاری و دروس پیشین باشد تا دانش آموز مهارت تشخیص و انتخاب فرمول را تمرین کند (Taylor, & Rohrer, ۲۰۰۷).

استفاده از تکنیک آزمون پیشین (Pre-testing): پیشنهاد می شود قبل از ارائه یک مبحث جدید، معلمان سوالی چالش برانگیز و مرتبط با آن را مطرح کنند تا با درگیر کردن ذهن دانش آموز، بار شناختی مطلوب (Germane Load) را فعال سازند (Carpenter et al., ۲۰۲۲).

۲. پیشنهادهای ساختاری برای سیاست گذاران آموزشی

بازنگری در طراحی کتب درسی: تدوین و سازماندهی مجدد فصول کتاب های درسی به ویژه دروسی مانند ریاضی، فیزیک و شیمی به گونه ای که تمرین های پایان هر فصل به صورت خودکار از الگوی درهم تنی و توزیع زمانی تبعیت کنند.

برگزاری کارگاه های ضمن خدمت: طراحی دوره های توانمندسازی علمی برای دبیران با محوریت روان شناسی شناختی و تبیین تمایز میان «عملکرد آنی کلاسی» و «یادگیری پایدار» جهت رفع مقاومت های ذهنی آنان در برابر سختی های مطلوب (یزدانی و صادقی، ۱۴۰۲).



۳. پیشنهادهای پژوهشی برای محققان آینده

پیشنهاد می شود پژوهشگران در مطالعات آینده به بررسی نقش تفاوت های فردی (مانند ظرفیت حافظه کاری و میزان اضطراب آزمون دانش آموزان) در میزان اثربخشی سختی های مطلوب بپردازند. انجام پژوهش های شبه تجربی طولی جهت ارزیابی ماندگاری اطلاعات آموخته شده به روش درهم تنی در مقاطع زمانی طولانی تر (مثلاً یک ساله) در بستر مدارس ایران توصیه می شود.

منابع

- Adesope, O. O., Trevisan, D. A., & Sundararajan, N. (۲۰۱۷). Rethinking the use of tests: A meta-analysis of practice testing. *Review of Educational Research*, ۸۷(۳), ۶۵۹-۷۰۱.
<https://doi.org/10.3102/0034654316689306>
- Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (۲۰۱۱). Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning. In M. A. Gernsbacher, R. W. Pew, L. M. Hough, & J. R. Pomerantz (Eds.), *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society* (Vol. ۲, pp. ۵۶-۶۴). Worth Publishers.
- Carpenter, S. K., Peterson, D. H., & Roediger, H. L., III. (۲۰۲۰). The benefits of pretesting: Pretesting can enhance posttest performance. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, ۹(۳), ۴۳۸-۴۵۰. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2020.05.003>
- Cepeda, N. J., Vul, E., Rohrer, D., Wixted, J. T., & Pashler, H. (۲۰۰۸). Spacing effects in learning: A temporal ridgeline of optimal retention. *Psychological Science*, ۱۹(۱۱), ۱۰۹۵-۱۱۰۲.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02209.x>



Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (۲۰۱۳). Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, ۱۴(۱), ۴-۵۸.

<https://doi.org/10.1177/1529100612453266>

Karpicke, J. D., & Blunt, J. R. (۲۰۱۱). Retrieval practice produces large learning gains by retrieving rather than restudying text. *Science*, ۳۳۱(۶۰۱۸), ۷۷۲-۷۷۵.

<https://doi.org/10.1126/science.1199327>

Kornell, N., & Bjork, R. A. (۲۰۰۸). Learning concepts and categories: Is spacing the "enemy of induction"? *Psychological Science*, ۱۹(۶), ۵۸۵-۵۹۲. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02127.x>

Roediger, H. L., III, & Karpicke, J. D. (۲۰۰۶). Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science*, ۱۷(۳), ۲۴۹-۲۵۵.

<https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x>

Roediger, H. L., III, & Butler, A. C. (۲۰۱۱). The critical role of retrieval practice in long-term retention. *Trends in Cognitive Sciences*, ۱۵(۱), ۲۰-۲۷.

<https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.09.003>

Rohrer, D., Dedrick, R. F., & Stershic, S. (۲۰۱۵). Interleaved practice improves mathematics learning. *Journal of Educational Psychology*, ۱۰۷(۳), ۹۰۰-۹۰۶.

<https://doi.org/10.1037/edu0000001>

Rohrer, D., & Taylor, K. (۲۰۰۷). The shuffling of mathematics problems improves learning.

Instructional Science, ۳۵(۶), ۴۸۱-۴۹۸. <https://doi.org/10.1007/s11251-007-9015-8>



Soderstrom, N. C., & Bjork, R. A. (۲۰۱۵). Learning versus performance: An integrative review.

Perspectives on Psychological Science, ۱۰(۲), ۱۷۶-۱۹۹.

<https://doi.org/10.1177/1745691615569000>

Sweller, J. (۱۹۸۸). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive

Science, ۱۲(۲), ۲۵۷-۲۸۵. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

Implementing "Desirable Difficulties" in the Learning Process



Marim Behrouzian Fard

Master of Chemical Engineering, Education Teacher, Dezful, Khuzestan, Iran

Mahtab Andideh

Elementary Education Expert, Education Teacher, Dezful, Khuzestan, Iran

Fatemeh Omidinia

Associate of Physical Education, Education Teacher, Dezful, Khuzestan, Iran

Fatemeh Nasiri

Master of Elementary Education, Education Teacher, Dezful, Khuzestan, Iran

Abstract

The present study aims to investigate strategies for implementing the "Desirable Difficulties" theory in the learning process and analyze its role in improving students' academic performance without the need for retraining and reteaching. The research method in this study is descriptive-analytical, library and documentary. The required data were extracted by reviewing, analyzing, and synthesizing research literature and theoretical foundations available in reputable scientific databases. The research findings show that although learning optimization strategies such as spacing, interleaving, and retrieval practice tests reduce learning speed and create temporary difficulties for the learner in the short term (known as desirable difficulties), in the long term they significantly increase information retention by strengthening mental representations and consolidating neural traces in memory. The analyses of this research indicate that the organized use of these techniques in educational design, without imposing a re-teaching burden on the teacher, leads to the active transfer of information from working memory to long-term memory and increases the depth of cognitive processing. Finally, operational models for integrating these strategies into school curricula are presented.

Keywords: Optimal difficulty, spacing, entanglement, memory retrieval test, cognitive psychology, sustainable learning.