

تحلیل کمی شمار ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی شیمی در مقایسه با سایر شاخه‌های علوم در کتاب‌های درسی علوم تجربی دوره ابتدایی ایران (۱۴۰۰-۱۳۵۰) با آنتروپی شانون

دوست محمد سمیعی* محمود آرائی**

* استادیار گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران. dm.samiei@gmail.com

** دکتری مدیریت آموزشی، معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

araei.mahmood@gmail.com

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۹/۱۰ تاریخ شروع بررسی: ۱۴۰۴/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۳

چکیده

در نظام آموزشی متمرکز ایران، محتوای کتاب‌های درسی نقش محوری در تحقق اهداف آموزشی ایفا می‌کند؛ زیرا بازتاب‌دهنده ایده‌های کلیدی، مفاهیم اساسی، اصول و قوانین هر رشته علمی است و تأثیر مستقیمی بر فرایند یادگیری و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان دارد. پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش، تاریخی از نوع تحلیل محتوا است. به‌منظور پردازش داده‌ها و اعتبارسنجی یافته‌ها، از روش آنتروپی شانون استفاده شده است. جامعه پژوهش را کتاب‌های درسی علوم تجربی دوره ابتدایی ایران در بازه زمانی ۱۳۵۰ تا ۱۴۰۰ تشکیل می‌دهد که با توجه به ثبات نسبی محتوا، کتاب‌های سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۵ به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. در این پژوهش، ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی شاخه‌های مختلف علوم تجربی شامل شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی، زمین‌شناسی و بهداشت از کتاب‌های منتخب استخراج، شمارش و درصد فراوانی آن‌ها محاسبه شد و سپس نمودارهای مقایسه‌ای ترسیم گردید. در ادامه، بار اطلاعاتی و ضریب اهمیت هر شاخه با استفاده از آنتروپی شانون تعیین شد. یافته‌ها نشان داد که شاخه شیمی در مقایسه با سایر شاخه‌های علوم تجربی، کمترین درصد فراوانی ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی را در دوره‌های زمانی بررسی شده داراست؛ با این حال، نتایج آنتروپی شانون بیانگر آن است که شیمی از بالاترین درجه اهمیت برخوردار است. همچنین بین مفاهیم شیمی و سایر شاخه‌های علوم تجربی رابطه‌ای مستقیم و همسو مشاهده شد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در بازنگری‌های آتی برنامه درسی علوم تجربی دوره ابتدایی، با حفظ رویکرد تلفیقی، توجه بیشتری به تقویت و توزیع متوازن مفاهیم شیمی متناسب با اهمیت بالای آن صورت گیرد.

کلیدواژه‌ها: تحلیل کتاب درسی، علوم تجربی، دوره ابتدایی، شیمی.

مقدمه

اندیشمندان تعلیم و تربیت بر این باورند که اصلاحات آموزشی و برنامه‌ریزی درسی مؤثر باید در پرتو بررسی پیشینه‌ی تاریخی تحولات نظام آموزش و پرورش و تحلیل عملکرد گذشته و کنونی آن انجام پذیرد (آقازاده، ۱۴۰۴). مطالعه تاریخ آموزش و پرورش و تحولات برنامه درسی، به‌ویژه در حوزه علوم تجربی، می‌تواند کاستی‌ها و دستاوردهای گذشته را آشکار سازد و به طراحان و مؤلفان کتاب‌های درسی در بهبود آینده یاری رساند (جعفری هرندی و همکاران، ۱۳۸۷).

برنامه درسی^۱ به‌عنوان یکی از حوزه‌های مهم معرفت بشری، مجموعه‌ای از موضوعات و محتوای آموزشی است که باید توسط معلم تدریس و از سوی دانش‌آموز یاد گرفته شود (حسینی روح‌الامینی، ۱۳۸۵). در این میان، در نظام‌های آموزشی متمرکز مانند ایران، کتاب‌های درسی نقشی محوری در تحقق اهداف آموزشی دارند؛ زیرا چکیده‌ای از مفاهیم و اصول علمی را در خود جای داده و ابزار انتقال دانش و ارزش‌ها محسوب می‌شوند. علوم تجربی یکی از یازده حوزه‌ی یادگیری در برنامه درسی ملی (جمهوری اسلامی ایران) است که از آن برای ایفای نقش سازنده در ارتقای سطح زندگی فردی، خانوادگی، ملی و جهانی استفاده می‌گردد. این در حالی است که علوم تجربی به‌عنوان یکی از حوزه‌های مهم یادگیری در هر نظام آموزشی، در قرن اخیر بیشترین دگرگونی را در سطح جهانی تجربه کرده است (ادیب منش، ۱۴۰۱). گرچه محتوای درسی علوم تجربی به خودی خود به دلیل پیشرفت فزاینده علم و دانش بشری، روز به روز جدیدتر و حجیم‌تر می‌شوند، ولی این تغییر تنها از جنبه محتوایی، آموزش علوم را در بر نمی‌گیرد (کریمی و عالی شیرمرد، ۱۴۰۳). شرایط ایجاب می‌کند تا برنامه‌های آموزشی علوم تجربی به نحوی سازماندهی گردند تا با بهره‌گیری از آن‌ها، همه توانایی‌های شناختی و شخصیتی دانش‌آموزان رشد کرده و فراگیران با برخورداری از مزایای علوم و فناوری، توانمندی‌های لازم برای رویارویی با تحولات جدید را کسب نمایند و فعالیت‌های دانش‌آموزان را متناسب با هدف‌های درس در مسیر صحیح پیش ببرند (هارلن^۲، ۱۹۹۹).

تحولات شتابان علمی و فناوری در قرن بیستم، نظام‌های آموزشی را به بازنگری در محتوای علوم واداشت تا دانش‌آموزان را برای چالش‌های عصر اطلاعات آماده سازند. برای نمونه، پرتاب نخستین سفینه فضایی شوروی در سال ۱۹۵۷ میلادی نقطه عطفی در آموزش علوم بود و کشورهای مختلف، از جمله ایالات متحده با برگزاری کنفرانس وودز هول^۳ را به بازنگری اساسی در برنامه‌های درسی خود واداشت. در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ میلادی، پروژه‌های نوینی در آمریکا، انگلستان، آفریقا و آسیا به اجرا درآمد که هر یک موجب تحول در طراحی و تدریس علوم تجربی شدند (بدریان و رستگار، ۱۳۸۵). در این راستا دانش شیمی همانند سایر علوم طبیعی پویا و پیوسته در حال تکامل بوده و ارزیابی انتقادی مداوم یافته‌های موجود به عنوان مبنایی بای ایجاد یافته‌های بیشتر مدنظر قرار گرفته است (کایما^۴، ۲۰۲۵). بررسی‌های تاریخی نشان می‌دهد این تلاش‌های علمی اغلب منجر به الگوها و روش‌های موثرتری شده است (کامپوراکیس^۵، ۲۰۱۸). اگر چه هم‌پوشانی و ارتباط شیمی و سایر علوم مانند فیزیک و ... امری انکارناپذیر است؛ اما همه مفاهیم دنیای شیمی را نمی‌توان به فیزیک تقلیل داد؛ زیرا مفاهیمی مانند پیوند، ترکیب و ساختار مولکولی فقط در شیمی فرمول‌بندی می‌شوند (لابارکا^۶، ۲۰۱۱). امروزه شیمی بر تمام جنبه‌های زندگی ما تاثیر می‌گذارد. کاربردهای شیمی و فناوری متاثر از آن در حوزه‌های بهداشت و پزشکی، تولید مواد غذایی (کیفیت و کمیت آن)، تامین انرژی و آب، صنعت، اقتصاد و سایر امور زندگی روزمره ما به سرعت در حال افزایش است؛ لذا ایجاد تعادل بین ماهیت علم شیمی و کاربردهای آن در جامعه و تعامل بین علم شیمی، جامعه و محیط زیست ضروری به‌نظر می‌رسد (ون هیوولن^۷ و همکاران، ۲۰۲۰). در ایران نیز همگام با این تحولات جهانی، توجه به اصلاح برنامه‌های علوم تجربی از اوایل قرن چهاردهم شمسی مورد تأکید قرار گرفت. نخستین برنامه‌ی درسی علوم در سال ۱۳۰۲

1. Curriculum

2. Harlen

3. Woods Hole

4. Kayima

5. Kampourakis

6. Labarca

7. Van Heuvelen

در قالب دو درس «علم‌الاشیاء» و «حفظ‌الصحه» به تصویب شورای عالی معارف رسید و تا سال ۱۳۱۶ چندین بار بازنگری شد (بیرجندی، ۱۳۳۲). هدف از درس علم‌الاشیاء، برانگیختن حس کنجکاوی کودک نسبت به محیط پیرامون بود و اجرای آن با تأکید بر مشاهده، تجربه و گردش‌های علمی توصیه می‌شد. با آغاز جنگ جهانی دوم و اشغال ایران، تولید متمرکز کتاب‌های درسی دچار اختلال شد و وزارت فرهنگ به ناشران مختلف اجازه‌ی تألیف و چاپ کتاب‌های مشابه را داد که این امر باعث ناهماهنگی محتوایی گردید (الماسی، ۱۳۹۶). در سال ۱۳۴۲، عناوین «علم‌الاشیاء» و «حفظ‌الصحه» به ترتیب به «علوم» و «بهداشت» تغییر یافت و پس از انقلاب اسلامی نیز کتاب‌های علوم با همین ساختار اما با عنوان «علوم تجربی» بازنشر شدند (معتمدی، ۱۳۹۱). کتاب‌های علوم در فاصله سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۲ به دلیل شرایط انقلاب و جنگ تحمیلی تغییر عمده‌ای نداشتند، اما در سال ۱۳۶۷ بازنگری کلی صورت گرفت. از سال ۱۳۷۳ به بعد، اهداف آموزش علوم در سه حیطه‌ی دانشی، مهارتی و نگرشی تدوین شد و کتاب‌های جدید علوم برای مقطع ابتدایی از پایه دوم به بعد در چهار حوزه‌ی زیستی، فیزیکی، زمین و بهداشت طراحی و چاپ گردیدند. این کتاب‌ها از سال ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۸۲ بازنگری شدند (معتمدی، ۱۴۰۲) و در سال ۱۳۹۰ نیز بر اساس سند تحول بنیادین آموزش و پرورش، ساختار نظام آموزشی ۳-۳-۶ و در چارچوب برنامه‌ی درسی ملی، رویکردهای جدیدی مانند تربیت مبتنی بر شایستگی، تلفیق مهارت‌های زندگی، و استفاده از بسته‌های آموزشی چندرسانه‌ای وارد نظام آموزشی شد (شورای عالی آموزش و پرورش، ۱۳۹۱).

در آموزش عمومی ایران (ابتدایی و متوسطه‌ی اول)، شاخه‌های مختلف علوم تجربی از جمله زیست‌شناسی، بهداشت، زمین‌شناسی، فیزیک و شیمی در قالب کتاب درسی واحدی ارائه می‌شوند. با این حال، شواهد نشان می‌دهد که میزان توجه و تغییر در هر یک از این شاخه‌ها در دوره‌های تاریخی مختلف متفاوت بوده است. چون در ایران برنامه‌های درسی در قالب کتاب‌های درسی تجلی می‌یابند، تحلیل محتوای تاریخی آن‌ها می‌تواند روند تغییر مفاهیم و ایده‌های کلیدی علوم را آشکار سازد (آقازاده، ۱۴۰۴). بر این اساس، هر بازه‌ی تاریخی را می‌توان دوره‌ای از ثبات یا تحول در ساختار و محتوای کتاب‌های درسی دانست. منظور از یک دوره تاریخی برای یک کتاب درسی، مجموعه سال‌هایی است که کتاب درسی مدنظر در آن بازه زمانی ثابت بوده و یا تغییرات آن کم بوده و ساختار کلی کتاب تغییر نکرده است. لذا با همین مبنا هر چند سال در یک دوره تاریخی قرار گرفته است. بررسی کتاب‌های علوم تجربی مقطع ابتدایی ۵۰ سال اخیر ایران نشان می‌دهد، محتوای این کتاب‌ها اغلب در قالب درس‌های چند صفحه‌ای تالیف گردیده است که در هر درس یک یا دو ایده کلیدی وجود دارد. منظور از ایده کلیدی مجموعه‌ای از مفاهیم و مهارت‌های اساسی است که قلمرو هر درس و دامنه آن را تعیین می‌کند. در این پژوهش برای اینکه نظرات شخصی محقق در انتخاب ایده‌های کلیدی تأثیر نداشته باشد، عنوان هر درس به عنوان مبنا برای ایده‌های کلیدی قرار گرفته است. منظور از مفاهیم اساسی نیز مفاهیمی است که اولین بار به عنوان هدف‌های آموزشی یک درس در محتوای آن گنجانده شده است.

در پژوهش حاضر، با تعریف سه دوره تاریخی به شرح زیر، سیر تغییر ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی شاخه‌ی شیمی در مقایسه با سایر شاخه‌های علوم تجربی بررسی شده است: الف) دوره ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۲ (با تأکید بر کتاب سال ۱۳۵۴ ب) دوره ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۹ (با تأکید بر کتاب سال ۱۳۷۸ پ) دوره ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ (با تأکید بر کتاب سال ۱۳۹۵). در همین جهت در هر دوره، کتاب‌های علوم تجربی مقطع ابتدایی از نظر فراوانی و بار اطلاعاتی ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی شیمی، با بهره‌گیری از روش آنتروپی شانون^۱ که از طریق آن بار اطلاعاتی و درجه اهمیت محتوا سنجیده می‌شود، مورد تحلیل قرار گرفته‌اند تا میزان اهمیت و سهم این شاخه نسبت به سایر شاخه‌های علوم تجربی مشخص شود. صاحب نظران عقیده دارند که با استفاده از روش آنتروپی شانون (که بر گرفته از نظریه سیستم‌ها است) تحلیل داده‌ها بسیار قوی تر و معتبرتر انجام خواهند شد (آذر، ۱۳۸۰).

تحلیل و بررسی ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی شیمی در کتاب‌های درسی علوم تجربی برنامه‌های درسی گذشته، یکی از مولفه‌های موثر در بازنگری و تالیف کتاب‌های درسی علوم تجربی به‌شمار می‌رود. در همین راستا توجه دقیق‌تر و عمیق‌تر به جایگاه شیمی در حوزه علوم تجربی اهمیتی دوچندان داشته و ضروری به نظر می‌رسد. لذا با توجه به اهمیت جایگاه کتاب‌های درسی علوم تجربی در شکل‌گیری درک علمی دانش‌آموزان، هدف اصلی این پژوهش بررسی روند تاریخی تحول محتوای این کتاب‌ها از منظر

^۱ Shannon Entropy

شاخه‌ی شیمی در مقایسه با سایر شاخه‌های علوم تجربی است. تمرکز اصلی این پژوهش بر شناسایی و تحلیل میزان حضور و تغییرات «ایده‌های کلیدی» و «مفاهیم اساسی» شیمی در کتاب‌های علوم دوره ابتدایی ایران طی پنجاه سال اخیر (۱۳۵۰ تا ۱۴۰۰) با بهره‌گیری از روش آنتروپی شانون است تا بار اطلاعاتی و درجه‌ی اهمیت آن‌ها نسبت به سایر شاخه‌ها مشخص گردد. در همین راستا پژوهش حاضر در پی پاسخگویی به سوالات زیر می‌باشد:

۱. میزان فراوانی ایده‌های کلیدی شیمی نسبت به سایر شاخه‌های علوم در کتاب‌های علوم تجربی ابتدایی در سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۵ چگونه است؟

۲. روند کلی تغییر فراوانی ایده‌های کلیدی شیمی در کتاب‌های علوم تجربی ابتدایی ایران طی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۴۰۰ چگونه بوده است؟

۳. میزان فراوانی مفاهیم اساسی شیمی نسبت به سایر شاخه‌های علوم در کتاب‌های علوم تجربی ابتدایی سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۵ چگونه است؟

۴. روند کلی تغییر فراوانی مفاهیم اساسی شیمی در کتاب‌های علوم تجربی ابتدایی ایران در فاصله‌ی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۴۰۰ چگونه بوده است؟

۵. روند کلی تغییر میزان فراوانی ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی شیمی در کتاب‌های علوم تجربی ابتدایی سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۵ چگونه است؟

۶. بر اساس روش آنتروپی شانون، بار اطلاعاتی و درجه‌ی اهمیت ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی شیمی نسبت به سایر شاخه‌های علوم در کتاب‌های علوم تجربی ابتدایی ایران در بازه‌ی ۱۳۵۰ تا ۱۴۰۰ چگونه است؟

روش‌شناسی پژوهش

با توجه به ماهیت موضوع، اهداف و پرسش‌های پژوهش، این مطالعه توصیفی-تاریخی و ترکیبی (کیفی و کمی) است. پژوهش تاریخی به‌منزله‌ی فرایندی نظام‌مند برای کشف واقعیت‌های گذشته و تبیین تحولات بر اساس داده‌های مستند تعریف می‌شود (خوی‌نژاد، ۱۳۹۳). در این نوع پژوهش، پژوهشگر بدون مداخله در داده‌ها، یافته‌های خود را با رعایت امانت‌داری گزارش می‌کند (دلاور، ۱۳۹۹). در این پژوهش، اطلاعات از کتاب‌های درسی علوم تجربی دوره ابتدایی ایران طی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۴۰۰ استخراج شد. بخش کیفی به تحلیل محتوای کتاب‌ها و طبقه‌بندی مفاهیم در قالب مقوله‌های تحلیلی و بخش کمی به سنجش فراوانی و اهمیت مفاهیم و ایده‌های کلیدی شاخه‌های مختلف علوم با استفاده از روش آنتروپی شانون اختصاص یافت.

جامعه و نمونه پژوهش: جامعه‌ی آماری شامل همه‌ی کتاب‌های درسی علوم تجربی ابتدایی در بازه‌ی مذکور بود که با توجه به ثبات ساختار، کتاب‌های سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۵ به‌عنوان نمونه‌های نماینده‌ی سه دوره تاریخی انتخاب شدند. بررسی سیر تغییر کتاب‌های درسی در ایران نشان می‌دهد، به تناسب هر برنامه درسی جدید، کتاب‌های درسی تغییر و تالیف جدید صورت گرفته است. کتاب‌های جدید پس از تدریس و دریافت بازخوردها مورد اصلاح قرار گرفته و پس از آن برای یک بازه حداقل ۱۰ ساله تثبیت می‌گردند. ۳ بازه زمانی بر مبنای همین اصول انتخاب شد.

روش گردآوری داده‌ها: در این پژوهش، به‌منظور بررسی روند تاریخی تحول محتوای کتاب‌های علوم تجربی دوره ابتدایی، ابتدا کلیه کتاب‌های درسی علوم از سال ۱۳۵۰ تا ۱۴۰۰ مورد مطالعه قرار گرفت. سپس، محتوای کتاب‌ها به‌صورت نظام‌مند تحلیل و ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی هر یک از شاخه‌های اصلی علوم تجربی (شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی) استخراج گردید. سپس نتایج در جداول و نمودارهای مقایسه‌ای تنظیم گردید تا تغییرات کمی و کیفی محتوای علوم در سه بازه‌ی تاریخی تبیین شود.

روش تحلیل داده‌ها: تحلیل داده‌ها در دو سطح انجام شد:

۱. تحلیل توصیفی: برای نمایش و مقایسه‌ی فراوانی مفاهیم و ایده‌های کلیدی در سال‌های منتخب.

۲. تحلیل آنتروپی شانون: برای محاسبه‌ی بار اطلاعاتی و ضریب اهمیت شاخه‌های علوم، به‌ویژه شیمی، از طریق تشکیل ماتریس داده‌ها و نرمال‌سازی آن‌ها.

در این روش، ابتدا ماتریسی تنظیم شد که در آن، سال‌های مورد مطالعه در ستون‌ها و شاخه‌های علوم (شیمی، فیزیک، زمین‌شناسی، زیست‌شناسی و بهداشت) در ردیف‌ها قرار گرفتند. داده‌ها سپس نرمال‌سازی شدند و مقادیر آنتروپی، ضد آنتروپی و ضریب اهمیت هر شاخه محاسبه گردید. نتایج نهایی بر اساس این تحلیل‌ها، بار اطلاعاتی و اهمیت نسبی شاخه‌ی شیمی را نسبت به سایر شاخه‌های علوم تجربی در کتاب‌های درسی دوره ابتدایی نشان می‌دهد. ابتدا فراوانی پیام‌ها برحسب مقوله‌ها به تناسب هر پاسخگو شمارش شده و در جدولی مشابه جدول (الف) طبقه‌بندی می‌شوند و بر اساس داده‌های جدول فراوانی مراحل بعد اجرا می‌شود.

جدول (۱): فرم فراوانی مقوله‌های متن، پرسش‌ها تصاویر برحسب پاسخگو

شاخص (مقوله) X_n	...	شاخص (مقوله) X_2	شاخص (مقوله) X_1	شاخص پاسخگو
F_{1n}	...	F_{12}	F_{11}	پاسخگو ۱ (A_1)
F_{2n}	...	F_{22}	F_{21}	پاسخگو ۲ (A_2)
F_{mn}	...	F_{m2}	F_{m1}	پاسخگو m (A_m)

j = شماره‌ی نشانگر i = شماره‌ی پاسخگو m = تعداد پاسخگو

n = تعداد پیام‌ها F_{ij} = فراوانی پیام‌ها

بعد از ترسیم جدول و جمع‌آوری داده‌ها مراحل زیر به ترتیب انجام می‌شود:

۱. با استفاده از رابطه زیر فراوانی مقوله‌ها برای هریک از پاسخگوها را نرمال کرده و در جدول (ب) ثبت می‌کنیم.

$$P_{ij} = \frac{F_{ij}}{\sum_{j=1}^m F_{ij}} ; (i = 1, 2, \dots, n ; j = 1, 2, \dots, m)$$

جدول ۲: داده‌های نرمال شده مقوله‌ها

شاخص (مقوله) X_n	...	شاخص (مقوله) X_2	شاخص (مقوله) X_1	شاخص پاسخگو
P_{1n}	...	P_{12}	P_{11}	پاسخگو ۱ (A_1)
P_{2n}	...	P_{22}	P_{21}	پاسخگو ۲ (A_2)
P_{mn}	...	P_{m2}	P_{m1}	پاسخگو m (A_m)

۲. با استفاده از روابط زیر بار اطلاعاتی (آنتروپی) محاسبه می‌شود.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m [P_{ij} \ln P_{ij}] ; (j = 1, 2, \dots, n) \quad ; \quad K = \frac{1}{\ln(m)}$$

L_n = لگاریتم m = تعداد پاسخگو P_{ij} = (متعادل) بهنجار شده ماتریس فراوانی

j = شماره‌ی مقوله = i = شماره‌ی پاسخگو E_j = بار اطلاعاتی مقوله‌ی مربوط

بار اطلاعاتی تعداد پیام را در کتاب یا محتوا نمایش نمی‌دهد بلکه نشان می‌دهد که یک مقوله یا پیام در کتاب چگونه توزیع شده است. بار اطلاعاتی به دست آمده از فرمول بالا را در جدولی مانند جدول (پ) قرار می‌دهیم.

جدول ۳: بار اطلاعاتی مقوله‌ها

X_n	...	X_2		X_1	شاخص‌ها (مقوله‌ها)
E_n	...	E_2		E_1	بار اطلاعاتی (E_j)

۳. در ادامه بار اطلاعاتی هر یک از مقوله‌ها را (n و ... و 2 و 1) بر مجموع بار اطلاعاتی آن مقوله مطابق رابطه زیر تقسیم می‌کنیم تا

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_{j=1}^n E_j}; (j = 1, 2, \dots, n)$$

$$w_j = \text{درجه‌ی اهمیت مقوله} = E_j = \text{بار اطلاعاتی هر مقوله}$$

جدول ۴: ضریب اهمیت مقوله‌ها

X_n	...	X_2	X_1	شاخص‌ها (مقوله‌ها)
W_n	...	W_2	W_1	ضریب اهمیت (W_j)

w_j مقیاسی است که ضریب اهمیت مقوله‌ی z ام را در یک پیام با توجه به کل پاسخگوها تعیین می‌کند؛ و می‌توان با توجه به بردار W مقوله‌های حاصل از پیام را رتبه‌بندی نیز نمود (آذر، ۱۳۸۰).

به‌منظور بررسی نوع و شدت رابطه بین مفاهیم شیمی و سایر شاخه‌های علوم تجربی، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. ضریب همبستگی شاخصی آماری برای تعیین جهت و میزان رابطه بین دو متغیر کمی است و دامنه آن بین -۱ تا +۱ قرار دارد؛ به‌طوری‌که مقادیر نزدیک به +۱ بیانگر همبستگی مستقیم قوی، مقادیر نزدیک به -۱ نشان‌دهنده همبستگی معکوس قوی و مقدار صفر بیانگر نبود رابطه بین متغیرهاست. بر این اساس، ضرایب همبستگی کمتر از ۰/۱۹ بسیار ضعیف، ۰/۲۰ تا ۰/۳۹ ضعیف، ۰/۴۰ تا ۰/۶۹ متوسط، ۰/۷۰ تا ۰/۸۹ بالا و ۰/۹۰ تا ۱ بسیار بالا تلقی می‌شوند (فیلد^۱، ۲۰۱۸ و کوهن^۲، ۲۰۱۳). در این پژوهش، ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی رابطه مفاهیم شیمی با مفاهیم فیزیک، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی محاسبه شد.

یافته‌های پژوهش

این پژوهش روند تحول محتوای کتاب‌های علوم تجربی دوره ابتدایی ایران از سال ۱۳۵۰ تا ۱۴۰۰ را بررسی می‌کند. برای حفظ همسانی، پایه ششم از تحلیل حذف شد؛ زیرا ساختار آموزش ابتدایی در بیشتر سال‌ها پنج‌ساله بوده است.

الف) دوره تاریخی ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۲

در سال ۱۳۴۴ با تصویب طرح جدید آموزش و پرورش، آموزش همگانی از شش سال به هشت سال و نظام تحصیلی کشور به دو دوره ابتدایی (پنج‌ساله) و راهنمایی (سه‌ساله) تقسیم شد و از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۵۰ اجرای برنامه‌های جدید آموزشی آغاز گردید (بزرگ نیا و پاکروان، ۱۳۵۴). کتاب‌های علوم چاپ‌شده از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۲ به دلیل وقوع انقلاب اسلامی و سپس جنگ تحمیلی، دستخوش تغییرات عمده‌ای نشدند و تنها در سال ۱۳۶۷ مورد بازنگری کلی قرار گرفتند. از این‌رو، در این پژوهش کتاب‌های علوم تجربی چاپ سال ۱۳۵۴ به عنوان مبنای نماینده‌ی این دوره انتخاب گردیدند. بررسی محتوای کتاب‌های علوم این مقطع (جدول ۵) نشان داد که غلبه‌ی محتوایی با شاخه‌ی زیست‌شناسی و بهداشت بوده است و بخش اعظم مطالب به موضوعاتی چون شناسایی

1. Field

2. Cohen

گیاهان و جانوران، نیازهای زیستی، اندامها و دستگاه‌های بدن انسان اختصاص دارد. در مقابل، سهم شاخه‌های فیزیک و شیمی بسیار محدود و پراکنده است و تنها در چند پایه، مفاهیم مقدماتی مطرح شده‌اند.

جدول ۵: ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی در کتاب‌های علوم تجربی دوره

ابتدایی ۱۳۵۴

موضوع	پایه تحصیلی	ایده‌های کلیدی	مفاهیم اساسی
شیمی	اول	-	-
	دوم	-	-
	سوم	-	-
	چهارم	- مواد در اطراف ما	- سه حالت ماده، تبدیل حالت مواد به یکدیگر، شباهت مواد به هم، مخلوط، محلول
	پنجم	- مواد از چه تشکیل ده‌اند؟	- مولکول‌ها (جنبش، پراکندگی، ربایش، مواد سازنده) - وضع مولکول‌ها در جامدها، مایع‌ها و گازها - شکستن و ساختن مولکول‌ها و نمایش آن‌ها - مولکول مواد ساده و مرکب
ششم	-	-	
فیزیک	اول	- چرخ - آهن ربا و الکتريسته	- با چرخ کارها آسان می‌شود - آهن ربا، الکتريسته
	دوم	- آهن ربا - کشش زمین - صدا	- قطب‌ها، ربایش و رانش، شکل آهن رباها و قطب نما - افتادن اجسام، کشش زمین - صدا، تفاوت صداها
	سوم	- الکتريسته - آسانتر کردن کارها - صدا	- تولید، انواع الکتريسته ساکن، جرقه الکتريکی - اهرم، قرقره، چرخ و محور، سطح شیب دار - چگونگی انتقال، عبور صدا، بازگشت صدا
	چهارم	- جریان الکتريسته - انرژی و حرکت - آینه‌ها	- چگونگی جریان، تولید نور و گرما، حرکت اجسام - انرژی ماهیچه، باد، آب، الکتريسته، بخار، سوخت - بازتاب نور خورشید، کاربردها
	پنجم	- پرواز در هوا	- بالا رفتن، نیروهای وارد بر هواپیما (۴ مورد)
ششم	-	-	
زیست‌شناسی	اول	- جانوران - گیاهان	- جانوران را بشناسید - گیاهان را بشناسید
	دوم	- جانوران - گیاهان - خوردن غذا	- محل زندگی، چگونگی حرکت - محل رویش، دانه، ساقه، نگهداری - چرا؟، چه؟، چند نوبت؟
	سوم	- جانوران - جلوگیری از آسیب - اثرحشرات در زندگی - گیاهان - غذا در بدن	- همدیگر را شکار می‌کنند. - همرنگ شدن، پوشش سخت، دفاع - انتقال بیماری، ایمنی از حشرات خانگی - گل، دانه، از گل تا دانه، درون دانه، پراکندگی دانه - غذا در بدن چه می‌کند و چه می‌شود
	چهارم	- موجودات زنده - بدن انسان	- نیازها (هوا، غذا، آب، انرژی، رشد، تولید مثل) - استخوان، ماهیچه، پوست، تغییر غذا در بدن و رسیدن

موضوع	پایه تحصیلی	ایده(ها)ی کلیدی	مفاهیم اساسی
زمین‌شناسی	پنجم	- طبقه بندی موجودات زنده - بدن چگونه کار می کند؟	- طبقه بندی، مهره‌داران، پستانداران، پرندگان، ماهی‌ها، خزندگان، دوزیستان، بی‌مهرگان، طبقه بندی گیاهان - چشم، گوش، زبان، بینی، پوست.
	ششم	-	-
	اول	- روز و شب، آفتاب، سایه - حرکت ابر در آسمان - آب، هوا، باد - روز سرد و برفی	- روز، شب، آفتاب، سایه - حرکت ابر، باران از ابر - آب، هوا، باد - روز سرد و برفی
	دوم	- ساختن خانه - شب و روز - باد - ابر، مه، باران و برف	- مواد سنگ، چوب، آهن، شیشه - چگونگی پیدایش، سایه - باد، تندی و جهت وزش آن - ابر، مه، باران و برف
	سوم	- در باره آب - تغییر هوا - شکل های مختلف ماه	- آب باران، آب‌های جاری و زیر زمینی، آشامیدنی، تغییرات در سطح زمین، میکروب‌ها در آب، تصفیه آب - در تابستان و زمستان، تابش خورشید، تغییر سایه - شکل‌های مختلف، مهتاب، نزدیکترین همسایه زمین
	چهارم	- گنجینه های زمین	- زغال سنگ، نفت، فلزات، سنگ معدن
	پنجم	- هوا در اطراف ما	- جو، فشار هوا، هوای سرد و گرم، تولید باد
ششم	-	-	

در شاخه‌ی شیمی، مفاهیم صرفاً در پایه‌های چهارم و پنجم دیده می‌شود؛ از جمله حالت‌های سه‌گانه‌ی ماده، تبدیل حالت‌ها، شباهت مواد، مفهوم مخلوط و محلول، و آشنایی مقدماتی با مولکول‌ها و تفاوت مواد ساده و مرکب. این مفاهیم در حد توصیفی و بدون ورود به تحلیل‌های نظری ارائه شده‌اند.

در شاخه‌ی فیزیک، موضوعاتی مانند صدا، نیرو، آهن‌ربا، الکتریسیته، حرکت، انرژی، و بازتاب نور در پایه‌های مختلف به‌صورت جزیره‌ای و بدون پیوستگی مفهومی مطرح گردیده‌اند. آموزش فیزیک بیشتر در حد شناخت پدیده‌ها و ابزارهای ساده (مانند اهرم، قرقره یا چرخ و محور) بوده و به مهارت‌های مشاهده و تجربه محدود می‌شده است.

در شاخه‌ی زیست‌شناسی، محتوای آموزشی گسترده‌تر و ساختاریافته‌تر است. دانش‌آموزان از پایه‌ی اول تا پنجم با جانوران، گیاهان، اعضای بدن انسان، تغذیه، رشد، تولیدمثل و طبقه‌بندی موجودات زنده آشنا می‌شوند. این بخش از محتوا به‌طور واضح جنبه‌ی غالب کتاب‌های علوم را تشکیل می‌دهد و نشان‌دهنده‌ی تمرکز نظام آموزشی بر شناخت محیط زیست و بدن انسان است.

در بخش زمین‌شناسی نیز مفاهیم ابتدایی نظیر روز و شب، خورشید، آفتاب، باد، باران، ابر، مه، آب، هوا، و مواد طبیعی (سنگ، فلز، نفت، زغال سنگ) مورد توجه قرار گرفته‌اند. آموزش این مفاهیم بیشتر در قالب توصیف پدیده‌های روزمره و مشاهده‌ی طبیعت بوده است.

به‌طور کلی، در کتاب‌های علوم این دوره، رویکرد آموزشی توصیفی و مشاهده‌محور بر محتوا حاکم بوده و تمرکز اصلی بر آشنایی مقدماتی با پدیده‌های طبیعی و زیستی قرار داشته است. مفاهیم انتزاعی‌تر و تحلیلی مانند انرژی، ماده، ساختار مولکولی یا قوانین فیزیکی به‌ندرت مطرح شده و معمولاً به دوره‌های تحصیلی بالاتر موکول گردیده‌اند.

ب- دوره تاریخی ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۹

در دهه‌ی ۱۳۷۰، نظام آموزش علوم در ایران با رویکردی تازه و مبتنی بر اهداف سه‌گانه‌ی دانشی، مهارتی و نگرشی بازنگری شد. در این راستا، از سال ۱۳۷۳ برنامه‌ی جدید آموزش علوم تجربی برای دوره ابتدایی تدوین و اجرا گردید. در این برنامه، محتوای کتاب‌های درسی از پایه‌ی دوم به بعد در قالب چهار حوزه‌ی محتوایی «علوم زیستی»، «علوم فیزیکی»، «علوم زمین» و «بهداشت» سازمان‌دهی

شد. این بازنگری سبب شد تا ساختار و توالی مفاهیم علمی در کتاب‌ها به تدریج از نگاه توصیفی به سمت درک مفهومی و کاربردی سوق پیدا کند.

کتاب‌های جدید علوم ابتدایی بین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ چندین بار مورد بازنگری قرار گرفتند. به‌طور خلاصه، تغییرات ساختاری این کتاب‌ها در مقاطع مختلف عبارت است از:

- کتاب علوم پایه اول (۱۳۷۳) در ۱۰۶ صفحه تألیف شد و در بازنگری سال ۱۳۷۸ به ۹۶ صفحه کاهش یافت.
- کتاب علوم پایه دوم (۱۳۷۴) از ۱۱۰ صفحه به ۸۵ صفحه در سال ۱۳۷۹ تقلیل یافت.
- کتاب علوم پایه سوم (۱۳۷۵) در سال ۱۳۸۰ بازنگری و از ۱۱۰ به ۱۱۷ صفحه تغییر کرد.
- کتاب علوم پایه چهارم (۱۳۷۶) در بازنگری سال ۱۳۸۱ از ۱۱۹ به ۱۰۴ صفحه کاهش یافت.
- کتاب علوم پایه پنجم (۱۳۷۷) نیز در سال ۱۳۸۲ از ۱۲۴ صفحه به ۱۱۲ صفحه رسید.

با توجه به این اصلاحات، کتاب‌های چاپ ۱۳۷۸ به‌عنوان نماینده‌ی محتوایی این دوره در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار گرفتند (امانی طهرانی و همکاران، ۱۳۷۸). تحلیل محتوای کتاب‌ها (جدول ۶) نشان می‌دهد که در این دوره، ساختار آموزشی علوم در قالب «ایده‌های کلیدی» و «مفاهیم اساسی» سازمان یافته است. این الگو موجب شد تا ارتباط منطقی میان پایه‌ها و انسجام مفهومی درون موضوعات مختلف علوم برقرار شود.

جدول ۶: ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی شیمی، فیزیک، زیست و بهداشت و زمین شناسی در کتاب‌های علوم تجربی

دوره ابتدایی سال ۱۳۷۸

موضوع	پایه تحصیلی	ایده(ها)ی کلیدی	مفاهیم اساسی
شیمی	اول	-	-
	دوم	- ماده چیست؟	- ماده، جامد، مایع، گاز، مواد جا می‌گیرند، جرم، حجم، رابطه جرم و حجم مواد با یکدیگر
	سوم	- گرما و مواد	- تبدیل جامد و مایع به یکدیگر، تبدیل مایع و گاز به هم، اثر گرما بر مواد مایع و جامد
	چهارم	- مخلوط	- مخلوط، مخلوط یکنواخت
	پنجم	- ساختمان مواد - تغییرات مواد	- مواد از مولکول، مولکول‌ها (جنبش، رایش، مواد سازنده)، وضع مولکول‌ها در جامدها، مایع‌ها و گازها - مواد تغییر می‌کنند، تغییر فیزیکی و شیمیایی، زنگ زدن و عوامل آن
	ششم	-	-
فیزیک	اول	- گرما - حرکت - آهن ربا	- گرما و اجسام، گرما و مکان‌ها، گرمای خورشید - حرکت و سکون اجسام، جهت حرکت، چرخ - شکل‌های مختلف آهن‌ربا، استفاده‌های آهن‌ربا
	دوم	- نیرو - نور - صدا	- کشش زمین - چشمه نور، سایه، استفاده از نور - تولید صدا، گوناگونی صدا، عبور صدا از اجسام
	سوم	- انرژی - منابع انرژی	- انرژی‌های حرکتی، گرمایی، الکتریکی، نورانی، صوتی - آب جاری، باد، خورشید، تبدیل انرژی‌ها به هم
	چهارم	- نور و بازتابش - الکتریسته - آهن ربا	- اثر بازتابش نور، آینه - رسانا و نارسانا، مدار الکتریکی، مدار متوالی و موازی - نامگذاری سرهای آهن ربا، ساخت آهن ربا
	پنجم	- ماشین‌ها	- حرکت و نیرو، اهرم، سطح شیب دار، نیروی ماشین

موضوع	پایه تحصیلی	ایده(ها)ی کلیدی	مفاهیم اساسی
		- نور و رنگ	- چشمه‌های نور، رنگ‌های نور، ذره بین، کاربرد عدسی
	ششم	-	-
زیست و بهداشت	اول	- سالم و قوی - گوناگونی در جانوران - گیاهان	- سه نوبت غذا، غذا، ورزش، رعایت پاکیزگی - حرکت، غذا خوردن، لانه سازی، مهاجرت - ریشه، ساقه، برگ، گل، میوه، فواید
	دوم	- گل، میوه، دانه - محل جانوران و گیاهان - پوشش بدن جانوران - رشد بدن	- طبقه بندی و قسمت‌های دانه‌ها، گوناگونی گل‌ها، - جنگل، آب، بیابان، شهر و روستا، نگهداری - مشاهده پوشش، پولک، کارکرد - نیازها (غذا، ورزش، استراحت)
	سوم	- نیازهای جانوران - جانوران مهره دار - گوناگونی گیاهان - اندام‌های حرکتی - دستگاه گوارش - غذای سالم	- جای مناسب، غذا، هوا، آب، همکاری - ماهی‌ها، پستان داران، پرندگان، خزندگان و دوزیستان - اجزا، ریشه، ساقه، برگ، میوه، دانه - ماهیچه، استخوان، مفصل، آسیب‌ها - اجزای دستگاه گوارش - چه بخوریم، چه کارهایی انجام دهیم
	چهارم	- غذاسازان بزرگ - گیاهان موجودات با ارزش - جانوران بی مهره - ساختمان بدن موجود زنده - دستگاه تنفس - دستگاه گردش خون	- ملزومات، سفر آب از ریشه تا برگ - علف هرز، استفاده‌های گوناگون، آفات کشاورزی - کیسه تنان، نرم تنان، خارتنان، کرم‌ها، بندپایان - سلول، شکل، اندازه - قلب، رگ‌ها، ترکیب خون، پاکیزه کردن خون - اندام‌های تنفس
	پنجم	- جانداران ساده - مبارزه پنهان - دستگاه عصبی - اندام حسی - انسان و محیط زیست	- جلبک، باکتری، قارچ، فایده، زیان، تولید مثل - راه‌های دفاع بدن، واکنس - دستگاه عصبی - نزدیک بینی و دوربینی، دیدن، شنیدن، بویدن - شبکه غذایی، محیط زیست، جمعیت، آلودگی
	ششم	-	-
زمین‌شناسی	اول	- آب - سنگ - خاک	- محل پیدایش، فواید، نگه داری، استفاده درست - محل پیدایش، فواید - محل پیدایش، گوناگونی، فواید، نیاز جانوران
	دوم	- هوا - تغییر هوا - تغییر سطح زمین	- کجاست، لزوم، تمیزی، کارکرد، بلند کردن اجسام - هوای سرد و گرم، دماسنج، بادنما - آب و باد سطح زمین را تغییر می‌دهند
	سوم	- آب روی زمین - دریاها	- چرخه آب، آب در هوا، خشکی و زیر زمین - حرکات آب دریا، کف، آلودگی، استفاده، نمک دریا
	چهارم	- سنگ‌ها - زمین و همسایه های آن	- منشا، رسوبی، آذرین، دگرگون، فایده، کانی - نزدیکترین همسایه، سفر به منظومه شمسی
	پنجم	- تاریخچه زمین - خاک زندگی بخش - زمین نا آرام	- فسیل، تاریخچه جانداران، تغییر، سنگ رسوبی - تشکیل، مواد، نفوذ، نوع، فرسایش، گیاه خاک - ساختمان درونی، آتشفشان، زمین لرزه

موضوع	پایه تحصیلی	ایده(ها)ی کلیدی	مفاهیم اساسی
	ششم	-	-

در شاخه‌ی شیمی، آموزش مفاهیم علمی از پایه‌ی دوم آغاز می‌گردد. در این پایه، دانش‌آموزان با مفهوم «ماده» و ویژگی‌های آن مانند حالت‌های سه‌گانه، جرم، حجم و رابطه‌ی بین آن‌ها آشنا می‌شوند. در پایه‌ی سوم، نقش گرما در تغییر حالت مواد مورد بررسی قرار می‌گیرد. در پایه‌ی چهارم، مفهوم «مخلوط» و تفاوت بین مخلوط‌های یکنواخت و ناهمگن آموزش داده می‌شود. در پایه‌ی پنجم، مباحث پیشرفته‌تری همچون ساختار مولکولی مواد، تفاوت مواد ساده و مرکب و ... مطرح می‌گردد. بدین ترتیب، ایده‌ی کلیدی «ماهیت ماده و تغییرات آن» محور اصلی آموزش شیمی در این دوره را شکل می‌دهد.

در شاخه‌ی فیزیک، مفاهیم پایه‌ای حرکت، نیرو، انرژی، نور، گرما و الکتریسیته به‌صورت تدریجی و مفهومی در طول پایه‌های تحصیلی گسترش یافته‌اند. در پایه‌های نخست، آموزش بر پدیده‌های محسوس و تجربی مانند حرکت اجسام، گرما و آهن‌ربا متمرکز است، درحالی‌که در پایه‌های بالاتر مفاهیم پیچیده‌تری مانند مدارهای الکتریکی، بازتاب نور، و ماشین‌های ساده (اهرم، سطح شیب‌دار) مطرح می‌شود. در این شاخه، تأکید بر درک کاربردی نیرو و انرژی در زندگی روزمره بوده است، به‌گونه‌ای که دانش‌آموز بتواند بین پدیده‌های طبیعی و اصول فیزیکی پیوند برقرار کند.

در شاخه‌ی زیست و بهداشت، نسبت به دوره قبل تحول محسوسی مشاهده می‌شود. محتوای آموزشی از حالت صرفاً توصیفی به سمت درک عملکردی اندام‌ها و ارتباط متقابل انسان با محیط زیست حرکت کرده است. موضوعاتی مانند سلامت جسمی، تغذیه‌ی مناسب، ورزش، و بهداشت فردی از پایه‌ی اول تا سوم مطرح می‌شوند. همچنین در پایه‌های بالاتر، دانش‌آموزان با دستگاه‌های بدن از جمله گردش خون، تنفس و اندام‌های حسی آشنا می‌شوند. آموزش زیست در این دوره ضمن حفظ رویکرد مشاهده‌ای، به تفکر سیستمی در مورد بدن و محیط زیست نیز توجه دارد.

در شاخه‌ی علوم زمین، محتوای کتاب‌ها بر مفاهیم طبیعی قابل مشاهده استوار است. در پایه‌های ابتدایی، موضوعاتی چون آب، خاک و ... با هدف ایجاد شناخت تجربی از محیط اطراف آموزش داده می‌شوند. در پایه‌های میانی، چرخه‌ی آب، تغییرات سطح زمین، و نقش باد و آب در فرسایش مطرح می‌گردند. در پایه‌های بالاتر، مفاهیمی مانند سنگ‌های آذرین و رسوبی، فسیل‌ها، زمین‌لرزه و آتشفشان آموزش داده می‌شوند. بدین ترتیب، رویکرد آموزشی از مشاهده‌ی پدیده‌های روزمره به درک فرایندهای طبیعی و تاریخ زمین ارتقا یافته است.

در مجموع، تحلیل محتوای کتاب‌های علوم این دوره نشان می‌دهد که آموزش علوم از حالت توصیفی و جزیره‌ای دهه‌های پیشین خارج شده و به سوی انسجام مفهومی، پیوستگی موضوعی، و تقویت مهارت‌های استدلال و استنتاج علمی حرکت کرده است.

پ - دوره تاریخی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰

از سال ۱۳۹۰، با تصویب و اجرای سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی مبتنی بر الگوی ۳-۳-۶، نظام آموزشی ایران وارد مرحله‌ای تازه از اصلاحات ساختاری و محتوایی شد. در این چارچوب، دفتر تألیف کتاب‌های درسی رویکردی نوین در طراحی و نگارش کتاب‌های علوم تجربی اتخاذ کرد که در آن، محور اصلی آموزش، توسعه شایستگی‌های علمی و فناورانه دانش‌آموزان، کسب تجربه‌های واقعی یادگیری و تربیت مبتنی بر موقعیت‌های زندگی بود.

بر اساس این رویکرد، اهداف برنامه درسی علوم تجربی از انتقال صرف اطلاعات به سوی یادگیری مبتنی بر حل مسئله، کاوشگری، و تفکر علمی تغییر یافت. همچنین، توجه ویژه‌ای به موضوعات میان‌رشته‌ای از قبیل مهارت‌های تفکر و حکمت، آداب و مهارت‌های زندگی، کار گروهی و مسئولیت‌پذیری اجتماعی شد. طراحی محتوای آموزشی در این دوره به‌صورت بسته‌های یادگیری زمینه‌محور شامل کتاب درسی، راهنمای معلم و وسایل کمک‌آموزشی انجام گرفت.

در نتیجه این تغییرات، کتاب‌های علوم تجربی چاپ ۱۳۹۵ به‌عنوان نماینده محتوایی این دوره، مبنای تحلیل پژوهش حاضر قرار گرفته‌اند (سمیعی و همکاران، ۱۳۹۵). داده‌های جدول ۷ نشان می‌دهند که در این دوره، مفاهیم اساسی و ایده‌های کلیدی چهار شاخه علوم تجربی- شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی - به‌صورت نظام‌مند و متناسب با پایه تحصیلی سازمان‌دهی شده‌اند.

جدول ۷: ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی در کتاب‌های علوم تجربی دوره

ابتدایی ۱۳۹۵

موضوع	پایه تحصیلی	ایده(ها)ی کلیدی	مفاهیم اساسی
شیمی	اول	-	-
	دوم	- ماده	- ماده، مواد جا می‌گیرند، جامد، مایع، گرما و تغییر حالت مواد، نگهداری مواد، استفاده دوباره از مواد
	سوم	- مواد اطراف ما - تبدیل حالت مواد - اندازه گیری مواد	- گاز، هوا، پخش مواد - ذوب، انجماد، تبخیر - لیتر، جرم، کیلوگرم، گرم
	چهارم	- مخلوط	- مخلوط، جامد در جامد، جامد در مایع، مایع در مایع، محلول، گرما و حل شدن مواد در آب، جداسازی مخلوط
	پنجم	- تغییر ماده	- تغییر فیزیکی، تغییر شیمیایی، تغییر سریع و کند، تغییر با دخالت و بدون دخالت انسان‌ها
	ششم	-	-
	اول	- آهن ربای من	- آهن ربا، کاربردها
فیزیک	دوم	- پیام رمز را پیدا کن	- نور، چشمه نور، سایه، صدا، صدای نازک، صدای کلفت
	سوم	- نور و مشاهده اجسام - نیرو همه جا	- منبع نور، بازتابش نور، آینه تخت، فرورفته، بر آمده - نیرو، تاثیر نیرو، نیروی جاذبه زمین، اهرم
	چهارم	- انرژی نیاز ما - انرژی الکتریکی - گرما و ماده - آهن ربا در زندگی	- انرژی‌های حرکتی، باد، آب، گرمایی، نورانی، صوت - باتری - گرما و دما، انتقال گرما، رسانا و نارسانای گرما - خاصیت آهن ربایی، اثر قطب های آهن ربا بر هم، آهن ربای الکتریکی، ساختن آهن ربا
	پنجم	- رنگین کمان - کارها آسان می شود	- رنگین کمان، ذره بین، عدسی، منشور - اهرم، تکیه گاه، سطح شیب دار، قرقره
	ششم	- ورزش و نیرو	- اثر نیرو، جهت نیرو، نیروهای غیرتماسی، نیروی مغناطیسی، نیروی الکتریکی، اصطکاک، نیروها در پرواز
	اول	- سالم و شاداب باش - دنیای جانوران - دنیای گیاهان	- ورزش، بهداشت، تغذیه، استراحت، ایمنی - شکل و اندازه، غذا، حرکت، رشد، فواید و مشکلات - گوناگونی، رشد و نمو، فواید، اجزای تشکیل دهنده
	زیست شناسی	دوم	- سرگذشت دانه - درون آشیانه - من رشد می کنم
سوم		- بکارید و ببینید - هر کدام جای خود ۱ - هر کدام جای خود ۲	- ریشه افشان و راست، ساقه، گیاهان مخروط دار - ماهی و دوزیستان، شباهت‌ها و تفاوت‌ها - خزندگان، پرندگان و پستانداران، مهره داران
چهارم		- بدن ما ۱ - بدن ما ۲ - بی مهره ها - گوناگونی گیاهان	- سلول و بخش‌های گوناگون آن، گوارش غذا - تنفس، انتقال مواد، قلب و اجزا آن، تصفیه خون - کرم‌ها، جشرات، عنکبوتیان، سخت پوستان، هزار پایان، بند پایان - گل، از گل تا دانه، ازدانه تا گیاه، گیاهان بدون دانه - زنجیره غذایی، شبکه غذایی، زیستگاه و تنوع آن
پنجم		- حرکت بدن	- ماهیچه‌ها، استخوان، ستون، مهره‌ها، مغز و نخاع

موضوع	پایه تحصیلی	ایده(ها)ی کلیدی	مفاهیم اساسی
		- بکارید و بخورید - از ریشه تا برگ - چه خبر ۱ - چه خبر ۲	- عوامل رشد گیاه (آب، خاک، هوا، نور) - از خاک تا ریشه، از ریشه تا ساقه، ورود هوا به گیاه - چشم و تشکیل تصویر، عدسی، گوش و اجزا آن - زبان (چشیدن)، بینی (بویدن)، حس لامسه
	ششم	- خیلی کوچک و بزرگ - شگفتی های برگ - جنگل برای کیست - سالم بمانیم	- میکروسکوپ - فتوسنتز - قارچ ها، زندگی با هم - میکروب، واکسن، بیماری های واگیر و غیر واگیر
زمین شناسی	اول	- زمین خانه پر آب من - زمین خانه سنگی من - زمین خانه خاکی من - هوا در اطراف ما	- نیاز، گوناگونی، زندگی، آلودگی، صرفه جویی - محل وجود، گوناگونی، استفاده، تغییر - ارزش، تفاوتها، عبور آب، استفاده - کمک به موجودات، پاکیزگی، آلودگی هوا
	دوم	- زندگی ما و گردش زمین ۱ - زندگی ما و گردش زمین ۲ - هوای سالم، آب سالم	- روز و شب، سایه و آفتاب، گرما و نور خورشید - فصول مختلف، باد، طوفان، استفاده از باد - هوای آلوده، آب آشامیدنی
	سوم	- آب با ارزش - زندگی ما و آب	- چرخه آب، آب شیرین، ابر - رود، آب های زیر زمینی، تصفیه آب
	چهارم	- سنگ ها - آسمان در شب	- شکل و اندازه، تغییر، رسوبی، آذرین، دگرگون - ماه، کهکشان، منظومه شمسی، سال خورشیدی
	پنجم	- برگی از تاریخ زمین - خاک با ارزش	- فسیل، لایه های رسوبی - تشکیل خاک، گیاهخاک، نفوذ آب در خاک، فرسایش
	ششم	- سفر به زمین - زمین پویا	- امواج لرزه ای، درون زمین از نظر حیات و ترکیب - زمین لرزه، کوه آتشفشان

در شاخه شیمی، مفاهیمی همچون ماهیت ماده، تغییر حالتها، اندازه گیری، مخلوط و محلول، و تغییرات فیزیکی و شیمیایی محور آموزش هستند. تأکید بر مشاهده، آزمایش و کاربرد مفاهیم در زندگی روزمره، سبب شده تا درک دانش آموزان از پدیده های طبیعی عمیق تر و معنادارتر گردد.

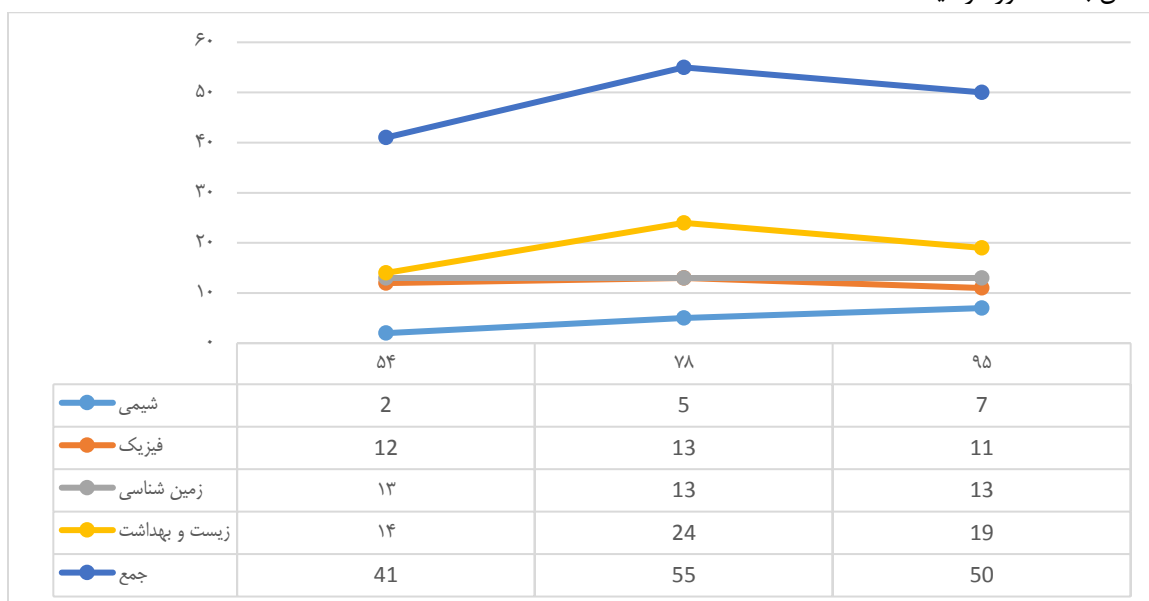
در شاخه فیزیک، مباحثی نظیر نور و صدا، نیرو و انرژی، گرما و دما و ... مطرح شده اند. ساختار ارائه این مفاهیم به گونه ای است که از تجربه های عینی و ملموس آغاز می شود و به تبیین اصول علمی می انجامد؛ بنابراین، آموزش فیزیک در این دوره بر پایه درک پدیده های فیزیکی در زندگی روزمره و تقویت تفکر علت و معلولی استوار است.

در شاخه زیست شناسی، مفاهیمی مانند تغذیه و بهداشت، گوناگونی گیاهان و جانوران، اندامها و دستگاه های بدن، زنجیره غذایی، فتوسنتز و میکروبها مورد توجه قرار گرفته اند. هدف اصلی این بخش، پرورش درک عملکردی از بدن انسان و تعامل آن با محیط زیست، و ایجاد نگرش مثبت نسبت به حفظ سلامت فرد و جامعه است.

در شاخه زمین شناسی نیز، ایده هایی چون چرخه آب، سنگها و خاک، زمین لرزه، آتشفشان، ماه و منظومه شمسی، و محیط زیست محور یادگیری بوده اند. این مباحث با هدف تقویت درک سیستمی از زمین و پدیده های طبیعی طراحی شده اند تا دانش آموز بتواند ارتباط میان عناصر زیستی و غیرزیستی محیط خود را بشناسد.

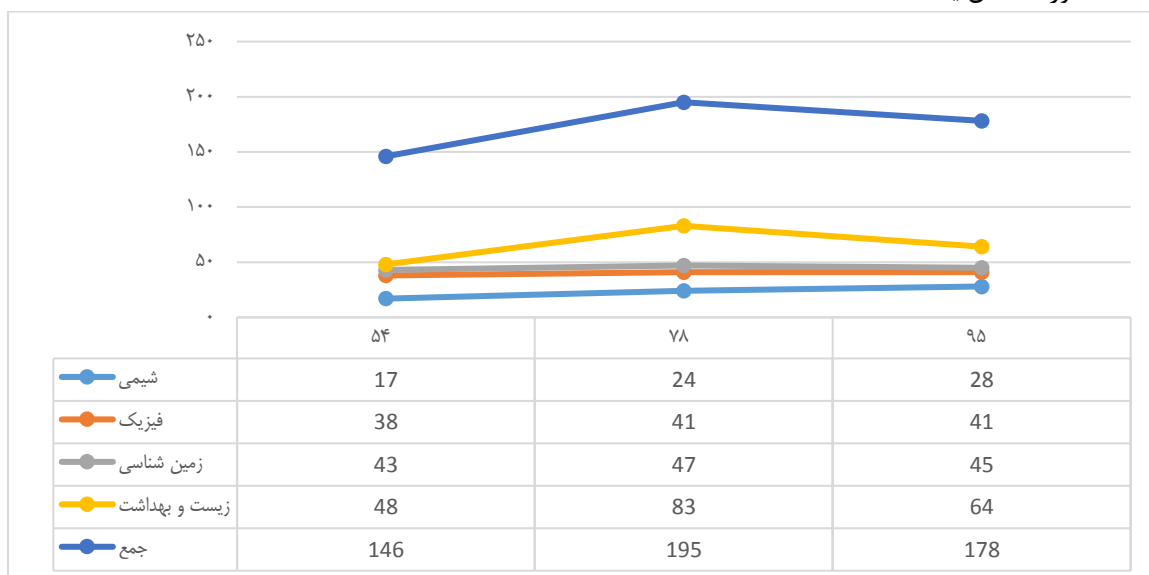
در مجموع، محتوای علوم تجربی در این دوره بر ایجاد درک یکپارچه از طبیعت، پیوند میان علم و زندگی، و پرورش سواد علمی مبتنی بر تجربه و مشاهده تأکید دارد. این تحول را می توان گامی اساسی در جهت تحقق اهداف سند تحول بنیادین و ایجاد بستری برای پرورش تفکر علمی، خلاقیت و مسئولیت پذیری در نسل جدید دانست.

نتایج نمودار ۱ نشان می‌دهد که در فاصله سال‌های ۱۳۵۴ تا ۱۳۹۵، تعداد ایده‌های کلیدی در شاخه‌های مختلف علوم تجربی افزایش یافته است. در سال ۱۳۵۴ مجموعاً ۴۱ ایده کلیدی وجود داشت، در سال ۱۳۷۸ این رقم به ۵۵ رسید و در سال ۱۳۹۵ با اندکی کاهش به ۵۰ مورد رسید.



نمودار ۱: تعداد فراوانی ایده‌های کلیدی شاخه‌های علوم در برنامه درسی علوم تجربی دوره ابتدایی

در میان شاخه‌ها، فیزیک و زمین‌شناسی از ثبات نسبی برخوردار بودند، در حالی که زیست و بهداشت در سال ۱۳۷۸ بیشترین رشد را نشان داد و سپس در ۱۳۹۵ کاهش نسبی یافت. در مقابل، شیمی روندی صعودی داشته و از ۲ ایده در سال ۱۳۵۴ به ۷ ایده در سال ۱۳۹۵ رسیده است؛ این امر بیانگر توجه بیشتر برنامه‌ریزان به جنبه‌های شیمیایی پدیده‌های طبیعی در آموزش ابتدایی است. بر اساس داده‌های نمودار (۲)، تعداد مفاهیم اساسی علوم تجربی از سال ۱۳۵۴ تا ۱۳۷۸ به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته و سپس تا سال ۱۳۹۵ اندکی کاهش یافته است. در سال ۱۳۵۴ مجموع مفاهیم ۱۴۶ مورد بوده که در ۱۳۷۸ به ۱۹۵ مورد رسیده و در ۱۳۹۵ به ۱۷۸ مورد کاهش یافته است.



نمودار ۲: تعداد فراوانی مفاهیم اساسی شاخه‌های علوم در برنامه درسی علوم تجربی دوره ابتدایی

در این میان، شاخه زیست و بهداشت بیشترین سهم مفاهیم را در هر سه دوره داشته است و شیمی در طول زمان روندی تدریجی و افزایشی را تجربه کرده است.

نتایج آنتروپی شانون در جدول ۸ نشان می‌دهد که توزیع ایده‌های کلیدی در شاخه‌های مختلف علوم دارای تفاوت اندکی است، اما زیست و بهداشت با مقدار آنتروپی ۰/۶۸۸ بالاترین میزان تنوع مفهومی را دارد.

پس از آن، زمین‌شناسی (۰/۶۸۲) و فیزیک (۰/۶۸۱) قرار دارند و شیمی با مقدار ۰/۶۱۶ از تنوع پایین‌تری برخوردار است. در مقابل، شاخص «اهمیت» نشان می‌دهد که شیمی (۰/۲۸۳) در مقایسه با سایر شاخه‌ها دارای وزن محتوایی بالاتری است؛ یعنی اگرچه گستره مفاهیم آن کمتر است، اما در ساختار مفهومی علوم تجربی نقش بنیادی‌تری ایفا می‌کند.

جدول ۸: نتایج محاسبات آنتروپی شانون برای ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی شاخه‌های علوم در برنامه درسی علوم

تجربی دوره ابتدایی

موضوع	مورد/ شاخه	شیمی	فیزیک	زمین‌شناسی	زیست و بهداشت
ایده‌های کلی	آنتروپی	۰/۶۱۶۵	۰/۶۸۱۱	۰/۶۸۲۶	۰/۶۸۸۰
	ضد آنتروپی	۰/۳۸۳۵	۰/۳۱۸۹	۰/۳۱۷۴	۰/۳۳۲۰
	اهمیت	۰/۲۸۳۷	۰/۲۳۵۹	۰/۲۳۴۸	۰/۲۴۵۶
مفاهیم اساسی	آنتروپی	۰/۹۸۱۷	۰/۹۹۹۵	۰/۹۹۹۴	۰/۹۷۸۰
	ضد آنتروپی	۰/۰۲۲۰	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۶	۰/۰۲۲۰
	اهمیت	۰/۴۸۷۸	۰/۰۱۱۱	۰/۰۱۳۳	۰/۴۸۷۸

همچنین نتایج نشان می‌دهد، مقادیر آنتروپی برای مفاهیم اساسی شاخه‌ها همگی در سطح بالا و نزدیک به ۱ است که بیانگر توزیع نسبتاً یکنواخت مفاهیم در شاخه‌های مختلف علوم تجربی است.

بیشترین مقدار آنتروپی به فیزیک (۰/۹۹۹۵) و زمین‌شناسی (۰/۹۹۹۴) اختصاص دارد و کمترین آن مربوط به زیست و بهداشت (۰/۹۷۸) است.

با این حال، شاخص «اهمیت» در شاخه‌های شیمی و زیست و بهداشت (۰/۴۸۷۸) نشان می‌دهد که این دو حوزه، علی‌رغم تفاوت در گستره مفاهیم، نقش پررنگ‌تری در ساختار مفهومی علوم تجربی ابتدایی دارند.

به بیان دیگر، زیست و شیمی هسته اصلی یادگیری علوم تجربی در دوره ابتدایی را تشکیل می‌دهند، در حالی که فیزیک و زمین‌شناسی بیشتر در نقش مکمل‌های کاربردی ظاهر می‌شوند.

یافته‌های پژوهش نتایج محاسبه ضریب همبستگی پیرسون بین مفاهیم شیمی و سایر شاخه‌های علوم تجربی در جدول مربوطه ارائه شده است.

جدول ۹: ضریب همبستگی شیمی نسبت به فیزیک، زمین‌شناسی و زیست‌شناسی

ضریب همبستگی	متغیر نسبت به مفاهیم شیمی
۰/۹۳	مفاهیم فیزیک
۰/۶۳	مفاهیم زمین‌شناسی
۰/۵۸	مفاهیم زیست‌شناسی

بر اساس نتایج، ضریب همبستگی مفاهیم شیمی با مفاهیم فیزیک برابر با ۰/۹۳، با مفاهیم زمین‌شناسی ۰/۶۳ و با مفاهیم زیست‌شناسی ۰/۵۸ به‌دست آمد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، کتاب‌های علوم تجربی دوره ابتدایی ایران طی نیم‌قرن (۱۳۵۰ تا ۱۴۰۰) مورد تحلیل محتوای تطبیقی قرار گرفتند. با توجه به تغییرات ساختار نظام آموزشی، کتاب‌های چاپ سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۵ به عنوان نمونه‌های نماینده سه دوره

اصلی برنامه درسی انتخاب شدند. پس از استخراج ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی چهار شاخه‌ی اصلی علوم (شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی)، داده‌ها به فراوانی و درصد فراوانی تبدیل و نتایج در جداول ۱۳ تا ۱۶ درج و تحلیل گردید.

هدف اصلی پژوهش، بررسی سیر تحول ایده‌های کلیدی شیمی در مقایسه با سایر شاخه‌های علوم تجربی در کتاب‌های درسی ابتدایی و تعیین ضریب اهمیت مفهومی آنها با استفاده از آنتروپی شانون بود. بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده، نتایج به شرح زیر است:

۱- میزان فراوانی ایده‌های کلیدی شیمی نسبت به سایر شاخه‌های علوم در کتاب‌های درسی علوم تجربی دوره ابتدایی در هر یک سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۷۸، ۱۳۹۵ چگونه است؟

بر اساس نتایج نمودار ۲، در کتاب‌های علوم تجربی چاپ ۱۳۵۴، شیمی با ۹/۴ درصد کمترین سهم را از ایده‌های کلیدی داشته است. در مقابل، زیست و بهداشت با ۳۴/۱ درصد و زمین‌شناسی با ۳۱/۷ درصد بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند و فیزیک با ۲۹/۳ درصد در جایگاه بعدی قرار دارد.



نمودار ۲: مقایسه درصد فراوانی ایده‌های کلیدی شاخه‌های مختلف در کتاب‌های درسی علوم تجربی دوره ابتدایی در طی سال‌های مختلف

در این دوره، تمرکز محتوایی کتاب‌ها عمدتاً بر پدیده‌های زیستی و محیطی بوده است. مفاهیم شیمی به صورت ضمنی و در حد آشنایی با مواد و تغییر حالت‌ها مطرح شده و به عنوان حوزه‌ای مستقل مورد توجه قرار نگرفته‌اند. این امر با سیاست‌های آموزشی دهه ۱۳۵۰ که تأکید بیشتری بر طبیعت‌گرایی و شناخت محیط زندگی داشت، هم‌خوانی دارد.

در کتاب‌های چاپ ۱۳۷۸، مطابق نمودار ۲، فراوانی ایده‌های کلیدی شیمی به ۹/۱ درصد افزایش یافته است که نشان‌دهنده توجه بیشتر برنامه‌ریزان به آموزش مفاهیم ماده، تغییرات و انرژی است. سهم زیست و بهداشت (۴۳/۷ درصد) همچنان بالاترین میزان را دارد، در حالی که فیزیک و زمین‌شناسی (هر یک با ۲۳/۶ درصد) در سطح نسبتاً مشابهی قرار گرفته‌اند.

افزایش چشمگیر سهم شیمی نسبت به سال ۱۳۵۴ (تقریباً دو برابر) بیانگر آغاز گرایش نظام آموزشی به سمت یکپارچه‌سازی مفاهیم علمی و پیوند میان شاخه‌های علوم است. در این دوره، کتاب‌های درسی ضمن حفظ نگاه توصیفی، از تجربه‌گرایی صرف فاصله گرفته و به تبیین روابط علت و معلولی پدیده‌های طبیعی پرداخته‌اند.

در کتاب‌های علوم تجربی چاپ ۱۳۹۵ که بر مبنای برنامه درسی ملی و رویکرد شایستگی‌محور تألیف شده‌اند، سهم ایده‌های کلیدی شاخه‌ها به صورت زیر است: شیمی (۱۴ درصد)، فیزیک (۲۲ درصد)، زمین‌شناسی (۲۶ درصد) و زیست و بهداشت (۳۸ درصد).

در این دوره، شیمی با افزایش ۵ درصدی نسبت به سال ۱۳۷۸ رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است. محتوای کتاب‌ها نشان‌دهنده حرکت به سمت درک مفاهیم بنیادین ماده، تغییرات شیمیایی و کاربردهای زیست‌محیطی آن‌ها در زندگی روزمره است. همچنین،

ارتباط میان شاخه‌های علوم در قالب فعالیت‌های تلفیقی و پروژه‌های «کاووشگری علمی» تقویت شده است؛ موضوعی که از اهداف کلیدی سند تحول بنیادین آموزش و پرورش محسوب می‌شود.
تحلیل تطبیقی سه دوره:

- شیمی از یک حوزه فرعی و محدود در دهه ۱۳۵۰ به یکی از محورهای مفهومی علوم تجربی در دهه ۱۳۹۰ تبدیل شده است.
- زیست و بهداشت در هر سه دوره بیشترین سهم را حفظ کرده است که بیانگر تداوم نگاه زیستی و سلامت‌محور در آموزش ابتدایی است.

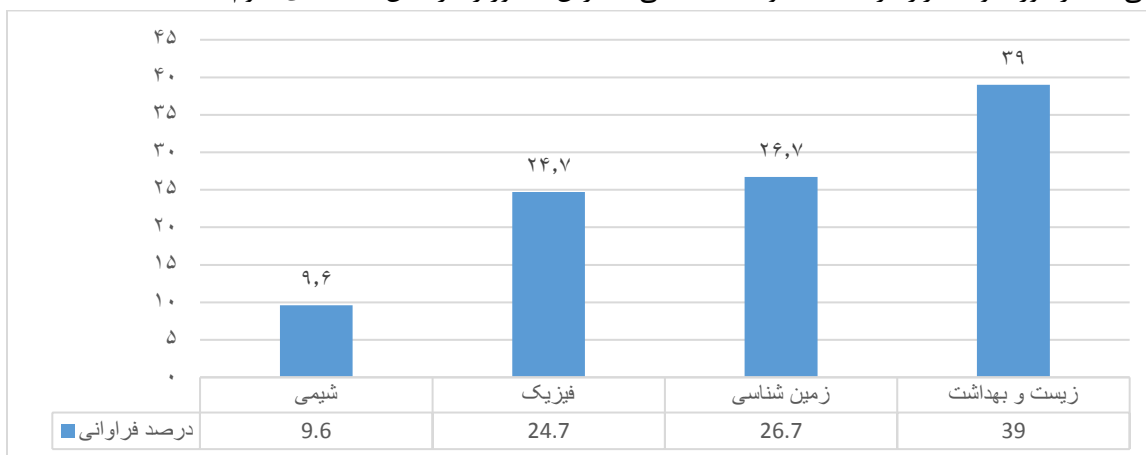
- فیزیک و زمین‌شناسی تغییرات اندکی داشته‌اند و بیشتر نقش حمایتی و تبیینی برای سایر شاخه‌ها ایفا می‌کنند.
در مجموع، محتوای کتاب‌های علوم تجربی از رویکرد توصیفی و طبیعت‌محور به سوی رویکرد مفهومی، تلفیقی و مسئله‌محور تحول یافته است.

بر اساس محاسبات آن‌روپی شانون، شیمی در عین داشتن گستره‌ی مفهومی کمتر نسبت به زیست و فیزیک، از ضریب اهمیت بالاتری برخوردار است؛ یعنی مفاهیم شیمیایی در ساختار مفهومی علوم ابتدایی نقش محوری و بنیانی دارند.
این تحول نشان می‌دهد که نظام آموزشی ایران طی پنج دهه گذشته، در راستای توسعه‌ی سواد علمی و فناوری‌های دانش‌آموزان حرکت کرده و تلاش نموده است تا دانش شیمی را به عنوان ابزاری برای فهم پدیده‌های طبیعی و اجتماعی در ذهن یادگیرندگان نهادینه کند.

۲- روند کلی میزان فراوانی ایده‌های کلیدی شیمی نسبت به سایر شاخه‌های علوم در کتاب‌های درسی علوم تجربی دوره ابتدایی (۱۴۰۰-۱۳۵۰) چگونه است؟

بررسی درصد فراوانی ایده‌های کلیدی شاخه‌های مختلف علوم تجربی در دوره ابتدایی طی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۴۰۰ نشان می‌دهد که شیمی با ۹/۶ درصد کمترین سهم را دارد، در حالی که زیست و بهداشت با ۳۹ درصد بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است.

این روند بیانگر آن است که در کتاب‌های درسی علوم ابتدایی، محتوای مربوط به شاخه‌های زیستی نسبت به شاخه‌های فیزیکی و شیمیایی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است، و شاخه شیمی کمترین حضور را در میان شاخه‌های علوم داشته است.

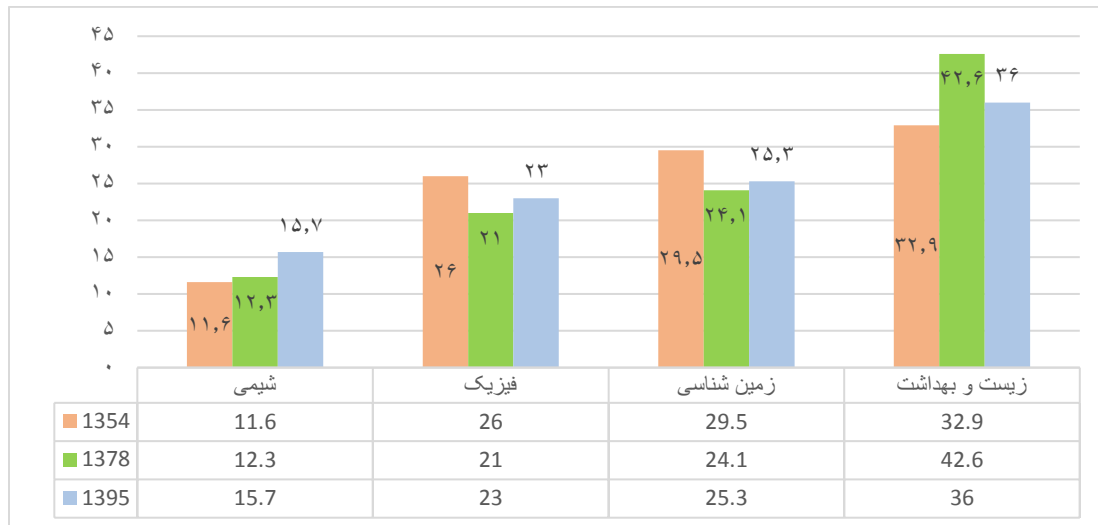


نمودار ۳: مقایسه درصد فراوانی ایده‌های کلیدی شاخه‌های مختلف در کتاب‌های درسی علوم تجربی مقطع ابتدایی در

سال‌های ۱۳۵۰-۱۴۰۰

۳- میزان فراوانی مفاهیم اساسی شیمی نسبت به سایر شاخه‌های علوم در کتاب‌های درسی علوم تجربی دوره ابتدایی سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۷۸، ۱۳۹۵ چگونه است؟

همانطور که نمودار ۴ نشان می‌دهد، درصد فراوانی مفاهیم اساسی شاخه‌های مختلف علوم در کتاب‌های درسی علوم تجربی مقطع ابتدایی در سال ۱۳۵۴، کمترین فراوانی مربوط به شیمی با ۱۱/۶ درصد و سپس فیزیک با ۲۶ درصد می‌باشد. همچنین کمترین فراوانی مفاهیم اساسی در سال ۱۳۷۸ مربوط به شیمی با ۱۲/۳ درصد و سپس فیزیک با ۲۱ درصد می‌باشد. در مقایسه با سال ۱۳۵۴، درصد فراوانی مفاهیم اساسی شیمی از ۱۱/۶ درصد به ۱۲/۳ درصد افزایش یافته، در حالی که در مورد فیزیک از ۲۶ درصد به ۲۱ درصد کاهش یافته است.

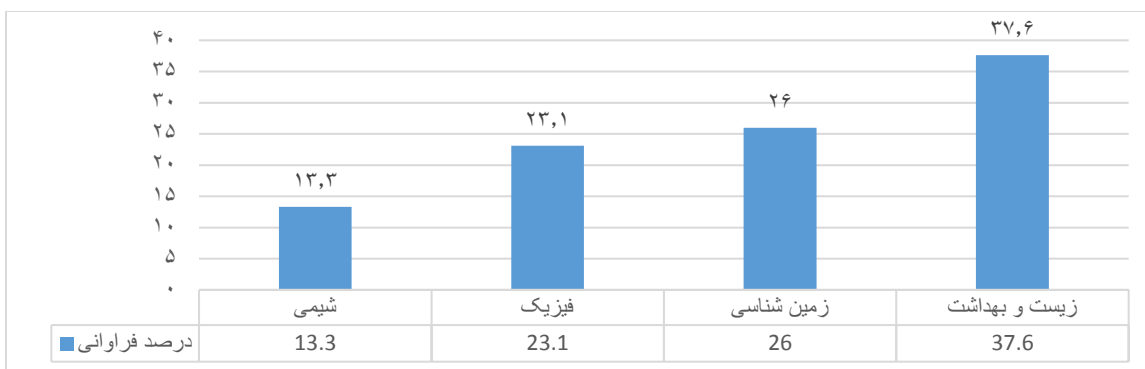


نمودار ۴: مقایسه درصد فراوانی مفاهیم اساسی شاخه‌های مختلف علوم در کتاب‌های درسی علوم تجربی مقطع ابتدایی در سال‌های مختلف

نتایج نمودار ۴ نشان می‌دهد در سال ۱۳۹۵ درصد فراوانی مفاهیم اساسی شاخه‌های مختلف علوم در کتاب‌های درسی علوم تجربی مقطع ابتدایی، کمترین فراوانی مربوط به شیمی ۱۵/۷ درصد و سپس فیزیک با ۲۳ درصد می‌باشد. نتایج نمودار ۴ نشان می‌دهد که در طول زمان، درصد فراوانی مفاهیم اساسی شاخه شیمی روندی افزایشی داشته است؛ به طوری که از ۱۱/۶ درصد در سال ۱۳۵۴ به ۱۵/۷ درصد در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است. در مقابل، شاخه فیزیک در همان دوره کاهش جزئی را تجربه کرده و از ۲۶ درصد (۱۳۵۴) به ۲۳ درصد (۱۳۹۵) رسیده است. همچنین، شاخه زمین‌شناسی هم روند کاهشی را تجربه کرده و از ۲۹/۵ درصد (۱۳۵۴) به ۲۵/۳ درصد (۱۳۹۵) رسیده است. در مجموع، یافته‌های نشان می‌دهد بیشترین تمرکز همچنان بر مفاهیم زیست و بهداشت و زمین‌شناسی بوده است، اما روند افزایشی شیمی نشانگر توجه بیشتر برنامه‌ریزان درسی به این حوزه در سال‌های اخیر است.

۴- روند کلی میزان فراوانی مفاهیم اساسی شیمی نسبت به سایر شاخه‌های علوم در کتاب‌های درسی علوم تجربی دوره ابتدایی (۱۴۰۰-۱۳۵۰) چگونه است؟

در بازه زمانی پنجاه‌ساله مورد بررسی، میانگین درصد فراوانی مفاهیم اساسی نشان می‌دهد که شیمی با ۱۳/۳ درصد همچنان کمترین سهم را دارد و پس از آن فیزیک (۲۳/۱ درصد)، زمین‌شناسی (۲۶ درصد) و زیست و بهداشت (۳۷/۶ درصد) قرار دارند. این الگو مؤید آن است که محتوای کتاب‌های علوم ابتدایی، بیش از همه بر جنبه‌های زیستی و بهداشتی متمرکز بوده است، هرچند سهم شیمی نسبت به گذشته اندکی رشد یافته است.

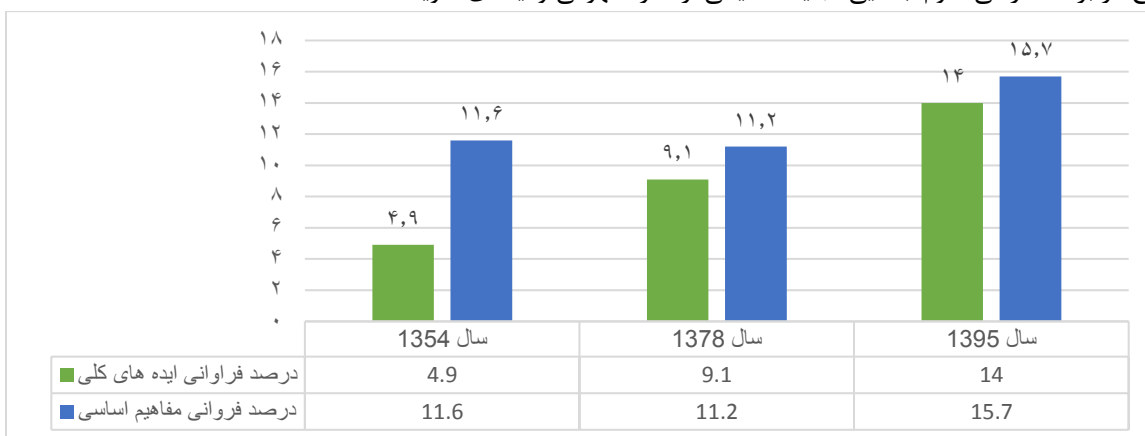


نمودار ۵: مقایسه درصد فراوانی مفاهیم اساسی شاخه‌های مختلف در کتاب‌های درسی علوم تجربی مقطع ابتدایی در سال‌های ۱۳۵۰-۱۴۰۰

۵- میزان فراوانی ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی شیمی در کتاب‌های درسی علوم تجربی دوره ابتدایی سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۷۸، ۱۳۹۵ چه روندی دارد؟

نتایج نمودار ۶ نشان می‌دهد که هم ایده‌های کلیدی شیمی و هم مفاهیم اساسی آن در دوره زمانی ۱۳۵۴ تا ۱۳۹۵ روندی صعودی داشته‌اند. درصد فراوانی ایده‌های کلیدی از ۴/۹ درصد (۱۳۵۴) به ۹/۱ درصد (۱۳۷۸) و سپس ۱۴ درصد (۱۳۹۵) افزایش یافته است.

همچنین مفاهیم اساسی نیز از ۱۱/۶ درصد در سال ۱۳۵۴ به ۱۵/۷ درصد در سال ۱۳۹۵ رسیده است. این امر حاکی از آن است که به تدریج در برنامه درسی علوم ابتدایی، جایگاه شیمی از نظر مفهومی و ایده‌ای تقویت شده است.



نمودار ۶: مقایسه درصد فراوانی ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی شیمی در سال‌های ۱۳۵۰-۱۴۰۰

همچنین درصد فراوانی مفاهیم اساسی شیمی نیز در بازه زمانی مذکور همسو با ایده‌های کلیدی رو به افزایش بوده است به طوری که از ۱۱/۶ درصد (۱۳۵۴) به ۱۲/۳ درصد (۱۳۷۸) و ۱۵/۷ درصد در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است.

۶- با توجه به نتایج آنتروپی شانون بار اطلاعاتی و درجه اهمیت ایده‌های کلیدی و مفاهیم اساسی شیمی نسبت به سایر شاخه‌های علوم در کتاب‌های درسی علوم تجربی دوره ابتدایی (۱۳۵۰-۱۴۰۰) چگونه است؟

تحلیل داده‌های آنتروپی شانون نشان داد که هرچه بار اطلاعاتی (آنتروپی) کمتر باشد، درجه اهمیت مفاهیم بیشتر است. مطابق نتایج (جدول ۸)، شاخه شیمی با مقادیر پایین‌تر آنتروپی و بالاتر ضدآنتروپی، دارای بیشترین درجه اهمیت در ایده‌های کلیدی (۰/۲۸۳۷) و مفاهیم اساسی (۰/۴۸۷۸) نسبت به سایر شاخه‌ها است.

بنابراین، هرچند شیمی در فراوانی کلی محتوا سهم کمتری دارد، اما از نظر کیفی و اطلاعاتی محتوای آن دارای بالاترین اهمیت مفهومی در میان شاخه‌های علوم تجربی دوره ابتدایی است.

نتیجه‌گیری

تحول برنامه‌های درسی و بهبود آموزش علوم تجربی در دوره ابتدایی طی سال‌های ۱۳۴۴ تا ۱۴۰۰، بازتابی از تغییر رویکردهای نظام آموزشی ایران نسبت به اهداف تربیتی، محتوای درسی و روش‌های یاددهی-یادگیری است. با تصویب طرح جدید آموزش و پرورش در سال ۱۳۴۴، نظام آموزشی کشور بر پایه شش هدف اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، فرهنگی، معنوی و پرورش تن و روان، از ساختار شش‌ساله به هشت‌ساله تغییر یافت. به‌دنبال آن، از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۵۰ برنامه دوره ابتدایی و از سال ۱۳۵۱ تا ۱۳۵۳ برنامه دوره راهنمایی به اجرا درآمد.

در این دوره، با تأسیس سازمان کتاب‌های درسی، تصمیم‌گیری درباره محتوای کتاب‌ها به برنامه‌ریزان این سازمان سپرده شد و الگوی «یک کتاب درسی برای هر درس» تثبیت گردید (موسی‌پور، ۱۳۷۸). در برنامه تفصیلی علوم ابتدایی سال ۱۳۴۲، اهداف آموزش علوم در چهار سرفصل کلی شامل «بدن انسان»، «گیاهان و جانوران»، «جهان (زمین و آسمان)» و «ماده و انرژی» تدوین شد و بر اساس آن، کتاب‌های درسی با محتوای گسترده و صفحات متعدد چاپ گردیدند.

پس از پیروزی انقلاب اسلامی و تا اواسط دهه ۱۳۷۰، تغییرات بنیادی چندانی در برنامه‌های درسی علوم ابتدایی مشاهده نشد و صرفاً بازنگری‌هایی جزئی همراه با کاهش حجم محتوا صورت گرفت. در سال ۱۳۷۳، اهداف آموزش علوم در سه حیطه دانشی، مهارتی و نگرشی برای مقاطع ابتدایی و راهنمایی مصوب شد و محتوای درسی در چهار محور اصلی علوم زیستی، علوم فیزیکی، علوم زمین و بهداشت سامان یافت. در این مرحله، تأکید بر روش‌های فعال یاددهی-یادگیری، همچون کار گروهی، گردش علمی، آزمایش، نمایش و تجربه‌های دست‌اول دانش‌آموزان افزایش یافت و ارزشیابی مستمر و توصیفی جایگاه ویژه‌ای پیدا کرد.

در ادامه، با تصویب برنامه درسی ملی در سال ۱۳۹۱ و استقرار مبنای آن بر اساس سند تحول بنیادین آموزش و پرورش، برنامه‌های درسی بر محور ساحت‌های شش‌گانه تربیت (زیستی، اجتماعی، علمی، اخلاقی، اقتصادی و زیباشناختی) بازتعریف شد. در این چارچوب، پنج عنصر بنیادین «تعقل، ایمان، علم، عمل و اخلاق» و چهار عرصه ارتباط دانش‌آموز با «خود، خدا، خلق و خلقت» مبنای هدف‌گذاری برنامه‌های تربیتی و درسی قرار گرفت.

در حوزه تربیت و یادگیری علوم تجربی، جهت‌گیری‌ها بر مبنای رویکرد تلفیقی نظریه و عمل، پرورش انواع تفکر، ایجاد ارتباط بین علم و زندگی واقعی، و تربیت انسان‌های مسئولیت‌پذیر، خلاق و متفکر طراحی شد.

تحلیل تطبیقی سه دوره تاریخی تحول کتاب‌های علوم تجربی نشان می‌دهد که جهت‌گیری محتوای آموزشی از یک رویکرد توصیفی و مشاهده‌محور در دهه‌های نخست، به سمت رویکردی مفهومی، تحلیلی و مسئله‌محور در دهه‌های اخیر حرکت کرده است. در دوره نخست (۱۳۵۰ تا ۱۳۷۲)، تمرکز اصلی بر آموزش ابتدایی‌ترین آشنایی‌ها با محیط طبیعی، بدن انسان، گیاهان و جانوران بود و سهم شاخه‌های فیزیک و شیمی در مقایسه با زیست‌شناسی بسیار اندک بود. هدف آموزش در این مقطع، تقویت حس کنجکاوی و مشاهده در دانش‌آموزان بدون ورود عمیق به مفاهیم انتزاعی و ساختاری علوم بود.

در دوره دوم (۱۳۷۳ تا ۱۳۸۹)، با تثبیت ساختار آموزشی پس از انقلاب و توجه به ضرورت بازنگری محتوای درسی، تلاش شد میان شاخه‌های علوم تعادل نسبی برقرار شود. مفاهیمی از فیزیک و شیمی مانند انرژی، حالت‌های ماده و ساختار مولکولی تدریجاً وارد کتاب‌ها شدند، هرچند همچنان محتوای کتاب‌ها از انسجام مفهومی و پیوستگی میان پایه‌ها برخوردار نبود. اما از سال ۱۳۹۰ به بعد، با اجرای سند تحول بنیادین و برنامه درسی ملی، ساختار آموزش علوم دگرگونی بنیادین یافت؛ محتوا به صورت بسته‌های آموزشی زمینه‌محور طراحی شد و تأکید بر تفکر علمی، تجربه‌محوری، شایستگی‌های فناورانه و ارتباط علم با زندگی واقعی قرار گرفت. به‌این ترتیب، رویکرد آموزش علوم از حفظ‌محوری و انتقال دانش، به سمت درک عمیق، خلاقیت، و یادگیری مبتنی بر مسئله و تجربه تحول یافته است.

درصد فراوانی ایده‌های کلیدی شاخه شیمی نسبت به سایر شاخه‌های علوم تجربی کمترین مقدار را دارد، اما روندی صعودی را از سال ۱۳۵۴ تا ۱۳۹۵ طی کرده است؛ به طوری که از ۴/۹ درصد در سال ۱۳۵۴ به ۹/۱ درصد در سال ۱۳۷۸ و ۱۴ درصد در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است. همچنین درصد فراوانی مفاهیم اساسی شیمی نیز در همین بازه زمانی از ۱۱/۶ درصد به ۱۲/۳ درصد و سپس ۱۵/۷ درصد رسیده است (نمودار شماره ۶). این افزایش نشانگر آن است که در دهه‌های اخیر، سهم محتوایی شاخه شیمی در کتاب‌های علوم ابتدایی رو به رشد بوده، هرچند همچنان در مقایسه با شاخه‌های زیستی و زمین‌شناسی سهم کمتری دارد. این امر بیانگر گذار تدریجی از آموزش مشاهده‌محور به آموزش مفهومی و تحلیلی در حوزه‌ی علوم تجربی است

بر اساس نتایج محاسبات آنتروپی شانون نیز، شاخه شیمی از نظر «بار اطلاعاتی» و «درجه اهمیت» در میان شاخه‌های علوم، جایگاه بالاتری دارد؛ به طوری که درجه اهمیت ایده‌های کلیدی شیمی (۰/۲۸۳۷) و مفاهیم اساسی آن (۰/۴۸۷۸) بیش از سایر شاخه‌ها بوده است.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هر چند شیمی در کمیت محتوای آموزشی سهم کمتری دارد، اما از نظر کیفیت مفهومی و عمق آموزشی، بالاترین اهمیت را در ساختار محتوای درسی علوم تجربی دوره ابتدایی داراست. این یافته می‌تواند راهنمای ارزشمندی برای بازنگری محتوای علوم ابتدایی در راستای توازن میان شاخه‌های مختلف علمی و تقویت آموزش مفاهیم بنیادین شیمی در دوره‌های پایین‌تر تحصیلی باشد.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که بین مفاهیم شیمی و مفاهیم هر یک از شاخه‌های دیگر علوم تجربی، رابطه‌ای مستقیم و همسو وجود دارد. بیشترین میزان همبستگی مربوط به مفاهیم شیمی و فیزیک است که با ضریب ۰/۹۳ بیانگر همبستگی بسیار بالا میان این دو حوزه می‌باشد. این نتیجه نشان‌دهنده پیوستگی مفهومی بالای مفاهیم شیمی و فیزیک در محتوای آموزشی است. در مقابل، همبستگی مفاهیم شیمی با مفاهیم زمین‌شناسی (۰/۶۳) و زیست‌شناسی (۰/۵۸) در سطح متوسط قرار دارد که حاکی از وجود ارتباط مفهومی قابل قبول، اما با شدت کمتر نسبت به فیزیک است. این نتایج بر ضرورت توجه به رویکرد بین‌رشته‌ای و تقویت پیوند میان شاخه‌های مختلف علوم تجربی در برنامه‌های درسی تاکید دارد.

نوآوری این پژوهش در به‌کارگیری رویکردی تازه برای تحلیل کتاب‌های درسی علوم تجربی است؛ بدین صورت که برای نخستین بار مدل آنتروپی شانون با هدف سنجش «درجه اهمیت و بار اطلاعاتی مفاهیم» در محتوای کتاب‌های علوم تجربی ابتدایی به کار رفته و امکان تحلیل هم‌زمان کمی و کیفی را فراهم ساخته است. همچنین، برخلاف مطالعات پیشین که معمولاً به یک دوره زمانی محدود یا برنامه درسی خاص پرداخته‌اند، این تحقیق با رویکردی تطبیقی، روند تحول مفاهیم و ایده‌های کلیدی شیمی را در مقایسه با سایر شاخه‌های علوم در بازه‌ای پنجاه‌ساله (۱۴۰۰-۱۳۵۰) بررسی کرده است. افزون بر این، ترکیب تحلیل محتوای کیفی با سنجش آماری مبتنی بر آنتروپی شانون چارچوبی داده‌محور و کارآمد برای ارزیابی توازن مفاهیم در کتاب‌های درسی ارائه می‌دهد.

پیشنهاد‌های سیاستی

- توسعه مهارت‌های تفکر علمی از طریق فعالیت‌های تجربی:
- پیشنهاد می‌شود برنامه‌ریزان آموزشی، محتوای مربوط به شیمی را به گونه‌ای طراحی کنند که فرصت‌هایی برای مشاهده، فرضیه‌سازی، آزمایش و استنتاج علمی در اختیار دانش‌آموزان قرار گیرد تا جنبه‌ی اکتشافی علم در یادگیری تقویت شود.
- استفاده از مدل آنتروپی شانون در پایش و بازنگری دوره‌ای کتاب‌ها:
- روش آنتروپی شانون می‌تواند به‌عنوان ابزاری تحلیلی برای سنجش توازن، تنوع و اهمیت نسبی مفاهیم علمی در کتاب‌های درسی مورد استفاده مستمر سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی قرار گیرد تا تصمیم‌گیری‌ها مبتنی بر داده و تحلیل کمی انجام شود.
- توجه به پیوستگی عمودی مفاهیم در دوره‌های تحصیلی:
- ضروری است محتوای شیمی در پایه‌های ابتدایی به‌گونه‌ای تدوین شود که پیش‌نیاز مناسبی برای درک عمیق‌تر مفاهیم در دوره متوسطه فراهم آورد؛ یعنی مفاهیم به صورت تدریجی، پیوسته و با ارتباط عمودی میان پایه‌ها طراحی شوند.

منابع و ماخذ

- ادیب منش، مرزبان. (۱۴۰۱). بررسی چالش‌های تحقق اجرای برنامه‌ریزی درسی مدرسه‌محور در نظام آموزشی ایران. *مجله علمی پژوهشی پژوهش‌های برنامه‌درسی*، ۱۲ (۱)، ۴۳-۲۴. <https://doi.org/10.22099/jcr.2022.6763>
- آذر، عادل. (۱۳۸۰). بسط و توسعه روش آنتروپی شانون برای پردازش داده‌ها در تحلیل محتوا. *فصلنامه علوم انسانی دانشگاه الزهراء*، ۱۱ (۳۷) و ۳۸، ۱۸-۱. <https://www.ensani.ir/fa/article/264496>
- آقازاده، احمد. (۱۴۰۴). مسائل آموزش و پرورش ایران. رشد
- امانی طهرانی، محمود، احمدی، آمنه، انصاری، مریم، و انصاری‌راد پرویز. (۱۳۷۸). *کتاب‌های علوم تجربی دوره ابتدایی*. اداره کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی.
- بدریان، عابد و رستگار، طاهره. (۱۳۸۵)، ۱۶ - ۱۷ اسفندماه. *مطالعه تطبیقی استانداردهای آموزش علوم دوره آموزش عمومی ایران و کشورهای موفق در آزمون TIMSS* [مقاله ارائه‌شده در کنفرانس]. ششمین همایش انجمن مطالعات برنامه درسی - نوآوری در برنامه درسی دوره ابتدایی، شیراز، ایران. <https://civilica.com/doc/73218>
- بزرگ نیا، عطالله، و پاکروان، محمد. (۱۳۵۴). *کتاب‌های علوم تجربی دوره ابتدایی*. اداره کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی.
- بیرجندی، محمد. (۱۳۳۲). *علم الاشیاء سال پنجم و ششم ابتدایی*. مرکز اسناد سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.
- جعفری هرندی، رضا، میرشاه جعفری، سید ابراهیم، و لیاقت دار، محمدجواد. (۱۳۸۷). بررسی تطبیقی سیر تحول برنامه درسی آموزش علوم در جهان. *پژوهش‌های آموزش و یادگیری*، ۶ (۲)، ۴۶-۴۱. https://tlr.shahed.ac.ir/article_2220.html
- حسینی روح الامینی، جمیله السادات. (۱۳۸۵). *سیر تحول برنامه‌های درسی ابتدایی و راهنمایی در ایران (۱۳۰۱ تا ۱۳۸۴ هجری شمسی)*. نشر نورالثقلین.
- خوی نژاد، غلامرضا. (۱۳۹۳). *روش‌های پژوهش در علوم تربیتی*. سمت.
- دلاور، علی. (۱۳۹۹). *مبانی نظری و علمی پژوهش در علوم انسانی و اجتماعی*. رشد.
- سمیعی، دوست محمد، احمدی، آمنه، امانی طهرانی، محمود، و انصاری، مریم. (۱۳۹۵). *کتاب‌های علوم تجربی دوره ابتدایی*. اداره کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی.
- شورای عالی آموزش و پرورش. (۱۳۹۱). *برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران*. وزارت آموزش و پرورش. https://www.oerp.ir/Portals/0/%D8%B1%D8%A7%D9%87%D9%86%D9%85%D8%A7%DB%8C%20%D8%A8%D8%B1%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%87%20%D8%AF%D8%B1%D8%B3%DB%8C/%20%20.pdf?ver=sCXcrP_j7i3WFuan3zYAvQ%3d%3d
- کریمی، سید بهالدین، و عالی شیرمرد، عبدالله. (۱۴۰۳). رویکرد اطلاعاتی آنتروپی شانون در تحلیل محتوی برنامه درسی علوم تجربی. *فصلنامه پیش در آموزش علوم پایه*، ۱۰ (۳۷)، ۱۴-۳. https://basicscience.cfu.ac.ir/article_4176.html

الماسی، علی محمد. (۱۳۹۶). آموزش و پرورش تطبیقی. رشد

معمدی، اسفندیار. (۱۴۰۲). تاریخ علم در ایران. مهاجر

معمدی، اسفندیار. (۱۳۹۱). بررسی تاریخ تحولات کتاب‌های درسی مدارس در ایران (۱۳۹۰-۱۳۳۰ ه. ش). پژوهش و نگارش کتب دانشگاهی، ۱۶ (۲۵)، ۱۱۱-۱۳۱. https://jut.samt.ac.ir/article_18937.html

موسی پور، نعمت اله. (۱۳۷۸). روند تحولات عنصر زمان در برنامه‌های درسی مقطع ابتدایی ایران (۱۳۷۷-۱۳۸۸ ه. ش). نشریه تعلیم و تربیت، ۱۵ (۱)، ۹۷-۱۱۶. <https://sid.ir/paper/427701/fa>

Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. routledge.

Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). SAGE Publications.

Harlen, W. (1999). Research and development of science in the primary school. *International journal of science education*, 14 (5), 491-503. <https://doi.org/10.1080/0950069920140502>

Kampourakis, K. (2018). Science and Uncertainty. *Science & Education*, 27(9), 829-830. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-0019-3>

Kayima, F. (2025). *Preparing for Chemistry Teaching: Enhancing Didactic Knowledge & Skills*. Springer Nature.

Labarca, M. (2011). *The relation between Chemistry and Physics*. Controversy Spaces.

Van Heuvelen, K. M., Daub, G. W., Hawkins, L. N., Johnson, A. R., Van Ryswyk, H., & Vosburg, D. A. (2020). How do i design a chemical reaction to do useful work? Reinvigorating general chemistry by connecting chemistry and society. *Journal of Chemical Education*, 97(4), 925-933. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00281>

Quantitative analysis of the number of key ideas and basic concepts of chemistry compared to other branches of science in Iranian elementary science textbooks (1971–2021) Using Shannon entropy

Doost Mohamad Samiei*

Mahmood Araei**

*. Department of Chemistry Education, Faculty of Basic Sciences, Farhangian University, Tehran, Iran

** Ph. D in Education Management. Deputy of Education and Graduate studies. Farhangian university, Tehran, Iran

Abstract

In Iran's centralized education system, the content of textbooks plays a pivotal role in achieving educational goals because it reflects key ideas, basic concepts, principles, and laws of each scientific discipline and has a direct impact on the learning process and academic achievement of students. The present study is an applied study in terms of purpose and a historical study in terms of method. Shannon entropy method was used to process data and validate findings. The research population consists of Iranian elementary science textbooks from 1350 to 1400. Given the relative stability of the content, books from 1354, 1378, and 1395 were selected as samples. In this study, key ideas and basic concepts of various branches of experimental sciences including chemistry, physics, biology, geology, and health were extracted from the selected books, counted, and their frequency percentages were calculated, and then comparative graphs were drawn. Subsequently, the information load and importance coefficient of each branch were determined using Shannon entropy. The findings showed that the chemistry branch, compared to other branches of experimental sciences, has the lowest frequency of key ideas and basic concepts in the time periods studied; however, the results of Shannon entropy indicate that chemistry is of the highest importance. Also, a direct and consistent relationship was observed between the concepts of chemistry and other branches of experimental sciences. Accordingly, it is suggested that in future revisions of the elementary science curriculum, while maintaining an integrated approach, more attention should be paid to strengthening and distributing chemistry concepts in proportion to their high importance.

Keywords: Textbook analysis, experimental sciences, elementary school, chemistry.