پژوهش در آموزش علوم تجربی

شاپا الکترونیکی: ۸۸۸۹-۳۱۱۵

Home Page: https://basicscience.cfu.ac.ir

ارزیابی و رتبه‌بندی مؤلفه‌های روایت‌پردازی در کتاب شیمی دهم با استفاده از مدل آنتروپی شانون

مهشید گلستانه[۱] و فاطمه حیاتی[۲*]

۱. دانشیار گروه آموزش شیمی دانشگاه فرهنگیان، تهران. ایران. گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۸- ۵۶۴۴۱ تهران، ایران.

۲. دانشجوی کارشناسی آموزش شیمی، گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۸- ۵۶۴۴۱ تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: (m.golestaneh@cfu.ac.ir)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی،

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۰۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۲/۲۰

کلیدواژه‌ها:
مؤلفه‌های روایت‌پردازی،
تحلیل محتوا،
کتاب درسی شیمی،
مدل آنتروپی شانون،
آموزش شیمی.

چکیده

متن چکیده

هدف: پژوهش حاضر با هدف تحلیل محتوای کتاب شیمی پایه دهم از منظر توجه به مؤلفه‌های روایت‌پردازی و تعیین اولویت این مؤلفه‌ها بر اساس مدل آنتروپی شانون انجام شد.

روش پژوهش: پژوهش از نوع تحلیل محتوا است. داده‌های پژوهش از طریق سیاهه تحلیل محتوای محقق ساخته گردآوری شد. روایی ابزار با نظر متخصصان آموزش شیمی و تحلیل محتوا تأیید گردید. پایایی ابزار از طریق محاسبه ضریب توافق بین دو کدگذار مستقل به‌دست آمد که نشان‌دهنده دقت و ثبات کدگذاری بود. تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل آنتروپی شانون انجام گرفت تا ضمن در نظر گرفتن فراوانی و پراکندگی مؤلفه‌ها، میزان اهمیت نسبی هر یک در فرآیند روایت‌پردازی کتاب شیمی دهم تعیین شود.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که مؤلفه مثال‌های روزمره با فراوانی ۴۰/۹ درصد بیشترین سهم را در کتاب شیمی دهم به خود اختصاص داده است. پس از آن، مؤلفه‌های علمی (۲۴/۹ درصد)، تاریخی (۱۱/۶ درصد)، و دینی–فرهنگی (۸/۸ درصد) قرار داشتند. مؤلفه‌های شخصیت‌محوری (۷/۲ درصد) و شبیه‌سازی (۶/۶ درصد) کمترین فراوانی را نشان دادند. با این حال، نتایج حاصل از تحلیل آنتروپی شانون نشان داد که مؤلفه‌های تاریخی و شبیه‌سازی، علی‌رغم فراوانی کمتر، از ضریب اهمیت بالاتری برخوردار هستند.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان داد که فراوانی بیشتر یک مؤلفه لزوماً به معنای نقش بارزتر آن در تمایز بخشیدن به ساختار روایی کتاب نیست. به‌طور خاص، مؤلفه‌های تاریخی و شبیه‌سازی به دلیل پراکندگی مناسب‌تر و نقش مؤثر در تسهیل درک مفاهیم پیچیده شیمی، از اهمیت بالاتری برخوردار بودند. این پژوهش بر لزوم توجه هم‌زمان به تنوع، پراکندگی و کیفیت استفاده از مؤلفه‌های روایت‌پردازی در طراحی و تألیف کتاب‌های درسی تأکید دارد. بهره‌گیری متوازن و هدفمند از این مؤلفه‌ها می‌تواند به انتقال مؤثرتر مفاهیم علمی و افزایش جذابیت و اثربخشی کتاب‌های درسی منجر شود.

استناد: گلستانه، مهشید؛ حیاتی، فاطمه، (۱۴۰۴). ارزیابی و رتبه‌بندی مؤلفه‌های روایت‌پردازی در کتاب شیمی دهم با استفاده از مدل آنتروپی شانون. پژوهش در آموزش علوم تجربی، ۱۱ (۴۱)، ۹۲-۷۷.

http//doi.org/10.48310/basic.2026.21854.1576

© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه فرهنگیان.

۱. مقدمه

چالش‌های یادگیری یکی از دغدغه‌های اصلی مربیان در سطوح آموزش پایه و عالی است. نقش حیاتی علم در پیشرفت فناوری و مدیریت منابع غیرقابل‌انکار است. علوم به‌عنوان ابزاری ضروری برای حل مسائل جهانی شناخته می‌شود (جفریس[۱] و همکاران، ۲۰۲۰). اطمینان از اینکه نسل‌های آینده به علم علاقه‌مند و در آن مهارت داشته باشند، اولویت اصلی در توسعه منابع انسانی توانمند برای حل مشکلات جهانی از طریق رویکردهای علمی است (باتیستا[۲] و همکاران، ۲۰۲۲). از سوی دیگر، آماده‌سازی منابع انسانی باکیفیت در علوم به فرآیند آموزشی وابسته است. شیمی، به‌عنوان بخشی از علوم، با چالش‌های مشابهی مواجه است. بهبود مستمر برنامه درسی شیمی بر اولویت دادن به مهارت‌های تفکر انتقادی و حل مسئله به‌جای حفظ کردن تأکید دارد (سانچز–رویز[۳] و همکاران، ۲۰۲۲).

در سال‌های اخیر، روایت‌پردازی به‌عنوان رویکردی نوین و قدرتمند در آموزش شیمی موردتوجه قرار گرفته است. در چارچوب آموزش علوم، روایت‌پردازی آموزشی به معنای به‌کارگیری عمدی ساختارها، عناصر و قالب‌های داستانی و روایی برای سازمان‌دهی و انتقال محتوای علمی است. این رویکرد ریشه در این ایده دارد که ذهن انسان برای درک و به خاطرسپاری اطلاعات، به‌طور طبیعی به الگوهای روایی گرایش دارد (برونر[۴]، ۱۹۹۱). در آموزش شیمی، روایت‌پردازی صرفاً یک تکنیک جذاب‌سازی نیست، بلکه یک "ابزار شناختی" است که به درک عمیق‌تر، معنابخشی و زمینه‌مند کردن مفاهیم انتزاعی کمک می‌کند (آورامی‌دو و اسبرن[۵]، ۲۰۰۹). این ابزار می‌تواند در متون درسی در قالب‌های متنوعی ظاهر شود، از جمله: روایت‌های علمی (توصیف پدیده‌ها)، روایت‌های تاریخی یا زندگینامه‌ای (شخصیت‌محوری)، روایت‌های مبتنی بر مثال‌های روزمره، و روایت‌های مبتنی بر شبیه‌سازی یا استعاره. همچنین، در بافت فرهنگی خاص، ممکن است از روایت‌های دینی–فرهنگی نیز برای معناسازی استفاده شود (هادسون[۶]، ۲۰۱۴؛ هادزیگورگیو[۷]، ۲۰۱۶؛ ادوریز–براوو[۸]، ۲۰۱۴).

روایت‌پردازی فرآیندی است که از طریق آن مفاهیم پیچیده علمی به صورت قابل فهم و جذاب منتقل می‌شوند. واژه «روایت» از لاتین «narro» به معنای روایت کردن یا گفتن می‌آید. روایتگری به‌عنوان یک استراتژی یادگیری، قادر است مفاهیم علمی را در قالب داستان‌ها یا وقایع منظم روایت کند تا فراگیران را به تفکر و بررسی در عمق مطالب تشویق نماید. به زعم بوسکولو[۹] و همکاران (۲۰۲۴)، روایتگری می‌تواند کنجکاوی شنوندگان را افزایش دهد و محرک خوبی برای یادگیری فراهم کند. این محرک جنبه مهمی است که معلمان باید در فرآیند یادگیری به آن مسلط شوند و ارائه آن می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر نتایج مورد انتظار داشته باشد و به درک بهتر مفاهیم و بهبود نتایج یادگیری منجر شود. معلمان باید عواملی را که بر این نتایج تأثیر می‌گذارند به حداکثر برسانند تا فرآیند یادگیری را به‌طور مؤثر ارتقا دهند. در فرآیند تدریس شیمی، که معمولاً با اصطلاحات ناآشنا و مفاهیم انتزاعی همراه است، روایت‌پردازی می‌تواند به‌طور چشمگیری به تجسم مفاهیم کمک کند و تجربه یادگیری را جذاب‌تر نماید (ران[۱۰] و همکاران، ۲۰۲۰).

ارزش آموزشی روایت در آموزش علوم به این واقعیت وابسته است که ساختار آن امکان قرار دادن مفاهیم در قالبی را فراهم می‌کند که به‌راحتی قابل‌جذب است و همچنین می‌تواند عناصری برای به‌خاطرسپردن و بازسازی فراهم کند. علاوه بر این، اگر دانش‌آموزی بتواند دانش رشته‌ای را در یک ساختار روایی شخصی و روشن قرار دهد، این دانش می‌تواند در زمینه‌های دیگری که

---

[1] Jeffries
[2] Bautista
[3] Sanchez-Ruiz
[4] Bruner
[5] Avraamidou & Osborne
[6] Hodson
[7] Hadzigeorgiou
[8] Adúriz-Bravo
[9] Boscolo
[10] Ran

متعلق به آن رشته نیستند، قرار گیرد و با دانش سایر رشته‌ها یکپارچه شود. یافته‌های مدوپین[1] (۲۰۲۴) نیز نشان داد که روایتگری درک را افزایش می‌دهد و انگیزه یادگیری فراگیران را افزایش می‌دهد. روش‌های روایتگری همچنین می‌توانند تفکر سطح بالاتر و مهارت‌های سواد علمی را تقویت کنند (بوسکولو و همکاران، ۲۰۲۴). این نوع یادگیری می‌تواند به‌طور مؤثر معانی پیچیده را از طریق ابزارهایی همچون داستان‌گویی که تصویری جذاب و تجسمی از مفاهیم علمی ارائه می‌دهد، برای دانش‌آموزان تسهیل کند و ابزار قدرتمندی برای سازمان‌دهی، ذخیره، توصیف و انتقال دانش است.

شیمی، به دلیل جریان طبیعی محتوا از یک ایده به ایده دیگر، کاندیدای فوق‌العاده‌ای برای رویکرد روایی است. نظریه اتمی به‌عنوان اساس شیمی به ما اجازه می‌دهد تا روابط میان ذرات و ویژگی‌های مواد را از دیدگاه‌های مختلف مورد بررسی قرار دهیم. نوع اتم پیش‌بینی می‌کند که الکترون‌های آن چگونه با اتم‌های دیگر برهم‌کنش خواهند داشت. برهم‌کنش با اتم‌های دیگر، پیوند و نوع ترکیبی که تشکیل خواهد شد را پیش‌بینی می‌کند. نوع ترکیب، راهنمای نام‌گذاری و فرمول‌نویسی است. نام‌گذاری و فرمول‌نویسی پیش‌نیاز نوشتن معادلات شیمیایی موازنه شده هستند و این روند ادامه دارد. شیمی از طریق تعاملات مداوم میان دیدگاه‌های ماکروسکوپی، مولکولی و اتمی، به‌طور مداوم به ما فرصت می‌دهد تا از این داستان‌ها برای درک بهتر و معنا دادن به مواد و پدیده‌ها استفاده کنیم. شیمی داستان‌هایی برای گفتن دارد؛ از طریق روایت‌ها، می‌توانیم معنا را منتقل کنیم و با جهان هم‌نوایی ایجاد کنیم. داستان‌گویی یا روایت فعال بر ادراک روان‌شناختی انسانی و آگاهی برای برانگیختن علاقه شناختی اثر می‌گذارد (کالینز[2]، ۲۰۲۱). یک روایت جذاب به‌طور مؤثر می‌تواند آگاهی شناختی و علمی را تحریک کرده و فراگیران را به کشف عمیق‌تر مفاهیم و مفروضات علمی ترغیب کند. درحالی‌که رویکردهای میان‌رشته‌ای متعددی در آموزش شیمی وجود دارد، داستان‌ها و روایت‌های شیمیایی، ابزارهایی مؤثر در برقراری پیوند میان موضوعات یا مفاهیم پیچیده به شمار می‌آیند (کالینز و دیگران، ۲۰۲۳).

تدریس یک مفهوم شیمی یا هر موضوع علمی با استفاده از روایت‌ها باید با ساختن حول یک داستان ساده و مستقیم آغاز شود. سپس جزئیات می‌توانند به‌تدریج ارائه شوند تا به دانش‌آموزان در سازمان‌دهی اطلاعات و ایجاد چارچوب ذهنی در ساخت تصاویر ذهنی یا تجسم کمک کنند (چوانگ و چنگ[3]، ۲۰۱۸). ایجاد پیوند میان واقعیت‌های علمی و تجارب دانش‌آموزان می‌تواند از طریق این رویکرد تسهیل شود. هادسون (۲۰۱۴) نیز معتقد است آشنایی با دانشمندان به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا «با سختی‌ها، آزمون‌ها، چالش‌ها، فرصت‌ها، محدودیت‌ها، ناامیدی‌ها و پاداش‌های تلاش علمی آشنا شوند. درکی از واقعیت‌های پژوهش علمی به دست آورند، به‌ویژه سیالیت، بازتاب‌پذیری و عدم قطعیت آن را بشناسند و به نقش نیرومند تجربه، شهود و احساسات پی ببرند». داستان‌گویی می‌تواند راهی برای انسانی‌سازی آموزش و یادگیری علوم در نظر گرفته شود. ایده‌هایی که باید آموخته و بحث شوند می‌توانند در طرح داستان گنجانده شوند. شکل روایی این پتانسیل را دارد که کنجکاوی دانش‌آموزان را افزایش دهد، حس شگفتی را پرورش دهد و به دانش‌آموزان کمک کند تا بهتر به خاطر بیاورند و درک کنند (هادزیگورگیو، ۲۰۰۵). خواندن و گفتن روایت‌ها برای همه آشنا است و به همین دلیل می‌تواند راهی برای تقویت آموزش و انتشار علوم در میان مخاطبان مختلف باشد (فولینو[4]، ۲۰۰۱).

کتاب‌های درسی به‌عنوان مصنوعات فرهنگی، نقش مهمی در بازتولید فرهنگی جامعه و در شکل‌گیری دیدگاه‌ها، ارزش‌ها، نیازها و عادت‌های افراد در دوره‌های حیاتی یادگیری ایفا می‌کنند (بوجاوده و نورالدین[5]، ۲۰۲۰؛ ایویچ[6] و همکاران، ۲۰۱۳). دانش‌آموزان اغلب دیدگاه‌ها و ایده‌های ارائه‌شده در کتاب‌های درسی را بدون تردید می‌پذیرند (دله–آجای[7]، ۲۰۲۰). در مقایسه با رسانه‌های دیجیتال و عمومی که ممکن است بر درک دانش‌آموزان از علم و دانشمندان تأثیر بگذارند، کتاب‌های درسی علوم

[1] Medupin
[2] Collins
[3] Chuang & Cheng
[4] Folino
[5] BouJaoude & Noureddine
[6] Ivić
[7] Dele-Ajayi

شایسته توجه بیشتری هستند، زیرا از سوی دولت مورد تأیید هستند و می‌توان آن‌ها را به‌عنوان برداشت رسمی و مورد تأیید تلقی کرد (چی[1] و همکاران، ۲۰۲۴). بنابراین، کتاب‌های درسی علوم باید به‌عنوان ابزارهای قدرتمندی برای شکل‌دهی درک دانش‌آموزان از علم و دانشمندان عمل کنند (ایویچ و همکاران، ۲۰۱۳). به‌عبارت‌دیگر، یک کتاب درسی علوم نه‌تنها برای تجهیز دانش‌آموزان به دانش درباره روش‌ها و فعالیت‌های علمی که از طریق آن‌ها علم پیشرفت می‌کند ضروری است، بلکه برای کمک به دانش‌آموزان جهت آگاهی از ویژگی‌های موقت، تاریخی، و انسان‌گرایانه علم نیز حیاتی است (هادسون، ۲۰۱۴).

یک توضیح علمی شباهت زیادی به یک روایت دارد، حتی اگر به همان شیوه ارائه نشود. یک توضیح علمی، که به‌عنوان یک روایت در نظر گرفته می‌شود، توضیح می‌دهد که پدیده‌ها اتفاق می‌افتند زیرا ماده — عامل روایت — طبق ماهیت خود عمل می‌کند یا به‌عبارت‌دیگر، از قوانین طبیعت پیروی می‌کند. برای مثال روایت درباره کربن به صدها میلیون سال پیش و از بین رفتن جنگل‌های استوایی بازمی‌گردد که ته‌نشین شدن گیاهان تجزیه‌شده و تأثیر فشار و دماهای شدید را توصیف می‌کند. به این ترتیب، به رویدادهایی که پیش از این بی‌معنا یا تصادفی به نظر می‌رسیدند، مفهوم و نظم می‌بخشد. استوکلمایر و گیلبرت[2](۲۰۰۳) موقعیت، زمینه و روایت را به‌عنوان اجزای تشکیل‌دهنده آموزش شیمی موفق در نظر گرفتند. آن‌ها ادعا می‌کنند که یادگیری در سه مرحله اتفاق می‌افتد: ۱) یادگیرنده با موقعیت‌های جالب تماس پیدا می‌کند؛ ۲) این موقعیت‌ها به یک زمینه تبدیل می‌شوند، جایی که امکان ایجاد معنا وجود دارد؛ ۳) یادگیری زمانی اتفاق می‌افتد که زمینه به روایتی از زندگی کسی متصل شود. ارتباط با تجربه زیسته که روایت‌ها ارائه می‌دهند، در معنادار کردن شیمی و ارزشمند ساختن آن برای یادگیری مهم به نظر می‌رسد. معلمان فکر می‌کنند که یک زمینه زندگی واقعی باعث می‌شود دانش‌آموزان متوجه شوند که یادگیری معنادار است.

داستان‌ها، حکایت‌ها و روایت‌ها به‌عنوان ابزارهایی جذاب‌تر برای دانش‌آموزانی که در آغاز مسیر خود در دنیای علوم قرار دارند، عمل می‌کنند. چارچوب روایت‌محور به‌جای تأکید صرف بر عمق و اهمیت مفاهیم علمی، بر ساختن یک داستان محتوایی تمرکز دارد که با مخاطب ارتباط برقرار می‌کند و با دنیای ذهنی او هم‌راستا می‌شود (کالینز و دیگران، ۲۰۲۳). بخشی از اثربخشی یک رویکرد روایی در این است که به دانش‌آموزان اجازه می‌دهد به پشت پرده چگونگی و چرایی ترتیب محتوا به شیوه‌ای خاص نگاه کنند و اهدافی که کتاب درسی و معلم امیدوارند با این داستان به آن‌ها دست یابد را درک کنند؛ در تمام این مدت، از زبان روایی با معرفی هر مبحث جدید استفاده شود. هدف روایت‌سازی در آموزش شیمی، به‌هیچ‌وجه جایگزینی داستان به‌جای داده‌ها یا شواهد نیست؛ بلکه هدف آن ایجاد پیوندهایی معنادار میان مفاهیم پراکنده است، به‌گونه‌ای که به دانش‌آموزان کمک کند آن‌ها را درک کرده و مسیر یادگیری خود را دنباله‌دار، قابل‌پیش‌بینی و هدفمند ببینند. در این چارچوب، دانش‌آموزان به‌جای دیدن محتوا به‌عنوان مجموعه‌ای از موضوعات جداگانه، آن را به‌صورت زنجیره‌ای از رویدادهای به‌هم‌پیوسته می‌بینند که هرکدام دلیل حضور و نقش خود را دارند. با این روش، روایت به‌عنوان ابزاری برای معنا دادن به ساختار برنامه درسی عمل می‌کند؛ نه برای کاهش اعتبار علمی محتوا، بلکه برای تقویت ارتباط میان آنچه تدریس می‌شود و نحوه‌ی فهم و پردازش آن توسط دانش‌آموزان. هدف این چارچوب روایی آن است که آموزش شیمی را نه صرفاً به انتقال اطلاعات، بلکه به فرایندی از کشف، ساخت معنا و رسیدن به اوج درک مفهومی تبدیل کند، نه‌تنها ساختار برنامه درسی را منسجم‌تر می‌سازد، بلکه ابزارهایی فراهم می‌آورد تا تدریس معنادارتر، هدفمندتر و برای دانش‌آموزان جذاب‌تر باشد.

۲. ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش

مطالعات انجام‌شده در زمینه‌های مختلف تأکید کرده‌اند که کتاب‌های درسی علوم از عوامل مهم در شکل‌دهی ادراک دانش‌آموزان نسبت به علم و دانشمندان هستند (گوکسو و اینالتکین[3]، ۲۰۲۰؛ هانسون و لدن[4]، ۲۰۲۰). به زعم میلار و آزبورن (۱۹۹۸)، یکی از اهداف برنامه درسی علوم باید حفظ و توسعه کنجکاوی جوانان و تلاش برای پرورش حس شگفتی، اشتیاق و

[1] Chi
[2] Stocklmeyer and Gilbert
[3] Göksu & İnaltekin
[4] Hansson & Leden

علاقه به علوم باشد و داستان‌ها و روایت‌ها می‌توانند راهی برای دستیابی به این حس شگفتی، اشتیاق و علاقه به علم باشند، مشروط بر اینکه مرتبط، سرگرم‌کننده و جالب باشند.

اسلام و اسداله[۱] (۲۰۱۸) بیان کردند که کتاب‌های درسی می‌توانند ارزش‌ها و نگرش‌ها را در ذهن دانش‌آموزان نهادینه کنند زیرا دانش‌آموزان به‌طورمعمول آنچه را در کتاب درسی ارائه می‌شود، بدون تردید می‌پذیرند و بخش زیادی از زمان یادگیری خود را صرف خواندن کتاب‌های درسی و توجه به پیام‌های آن می‌کنند.

هادزیگئورگیو (۲۰۱۶) نشان داد که استفاده از روایت، درس شیمی را از حالت تک‌بعدی خارج کرده و باعث شده است تا تجربیات زندگی معلمان و دانش‌آموزان با واقعیت‌های علمی در تعامل قرار گیرد. این نشان‌دهنده نقش روایت به عنوان یک ابزار آموزشی است که می‌تواند به تدریس و انتقال مفاهیم علمی کمک کند.

مطالعات متعددی تلاش کرده‌اند تا مرزهای ادغام شیمی با سایر حوزه‌های یادگیری را مشخص کنند. برای مثال، آلبر[۲] (۲۰۰۱) در کار خود درباره ادغام شعر و شیمی، معتقد بود که یافتن راه‌هایی برای ایجاد ارتباط بین شیمی و سایر رشته‌ها ارزشمند است. دانکواردت–لیلیستروم [۳]و همکاران (۲۰۲۰) با تزریق درام در درک الکترونگاتیوی و پیوندهای شیمیایی، کشف کردند که درام خلاق در آموزش شیمی، عاملیت دانش‌آموز را در کاوش مفاهیم و اصول شیمی افزایش می‌دهد. در پژوهش اکتشافی انجام‌شده توسط یانگ[۴] و همکاران (۲۰۱۴)، مشخص شد که فرآیند نوشتن تخیلی دانش‌آموزان علوم در فهم محتوای علمی خاص، فرآیندی را از بازیابی اطلاعات، تولید ایده‌ها و یکپارچگی اطلاعات بازیابی‌شده با ایده‌های نوشتاری دنبال می‌کند.

هافمن[۵] برنده جایزه نوبل، ضمن اشاره به اولین گزارش سنتز تاکسول در سال ۱۹۹۴ درباره اهمیت داستان‌سرایی علمی در مقالات پژوهشی می‌نویسد: "به قهرمان دوگانه این داستان توجه کنید: مولکول، و البته، شیمیدان‌هایی که آن را ساختند." او همچنین تأکید می‌کند" :علم داستان‌هایی دارد. دانشمندان این داستان‌ها را شکل می‌دهند، و قهرمانان این داستان‌ها لزوماً نباید انسان باشند. این ویژگی‌های روایی نه‌تنها برای نگارش مقالات پژوهشی مهم هستند، بلکه برای تدریس مؤثر نیز اهمیت دارند (هافمن، ۲۰۱۴).

هادزیگورگیو (۲۰۲۲) از معرفی زندگی‌نامه‌ای نیکولا تسلا [۶] استفاده کرد تا با بررسی پیشینه، ویژگی‌های رهبری، رویدادهای زندگی که منجر به کارهای علمی و فناورانه او شد، و پشتکارش علی‌رغم مشکلات، دانش‌آموزان را به انتخاب شغلی در زمینه علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات یا STEM ترغیب کند. این روش داستان‌سرایی زندگی‌نامه‌ای را می‌توان به همین ترتیب با استفاده از داستان‌های موفقیت و شکست بسیاری از دانشمندان و متخصصان علم در ابتدای کارشان، هم در سطح محلی و هم در سطح جهانی، به کار برد. داستان‌های مربوط به پزشکی یا کشف دارو، روایت‌های گیرایی برای نشان دادن اهمیت شیمی و کل تلاش علمی هستند. تعداد زیادی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که استفاده از داستان‌های شخصی و حرفه‌ای دانشمندان در کتب درسی می‌تواند تصورات کلیشه‌ای دانش‌آموزان درباره دانشمندان را به درک بهتر و دقیق‌تری از علم تغییر دهد (آراندا [۷]و همکاران، ۲۰۲۱؛ پلگرینو[۸] و همکاران، ۲۰۱۸؛ یوناس[۹] و همکاران، ۲۰۲۰).

موایندی[۱۰] و همکاران (۲۰۲۰) پیشنهاد کردند که روایت‌های دانشمندان باید به‌عنوان بخشی جدایی‌ناپریز از فرایند علمی ضبط و به اشتراک گذاشته شود. آن‌ها تأکید کردند که تصویرسازی دانشمندان باید جنبه‌های انسانی پشت علم از جمله تجربیات، انگیزه‌ها و چالش‌هایی که دانشمندان در پژوهش‌های خود با آن‌ها مواجه شده‌اند را نشان دهد. داستان‌گویی محدود به ترکیبات و افراد

[1] Islam & Asadullah
[2] Alber
[3] Danckwardt-Lilliestrom
[4] Yang
[5] Hoffmann
[6] Nikola Tesla
[7] Aranda
[8] Pellegrino
[9] Yonas
[10] Muindi

نیست، بلکه می‌توان از داستان‌های تخیلی نیز برای درگیر کردن نسل بعدی شیمیدانان استفاده کرد. بهره‌گیری از داستان‌های تخیلی همچون عنصر ویبرانیوم[1] در فیلم پلنگ سیاه[2] نیز ابزاری جذاب برای آموزش خلاق مفاهیم جدول تناوبی و ویژگی‌های فلزات واسطه به شمار می‌آید. چنانچه برنامه‌های درسی شیمی با چنین روایت‌هایی همراه شوند، نه‌تنها به فهم بهتر مفاهیم کمک خواهند کرد، بلکه به درونی‌سازی ارزش‌های انسانی و اجتماعی در بستر علم نیز خواهند انجامید. در واقع، هم "بال[3]" و هم استرهای آلی، قهرمانان داستانی هستند که به درمان جذام منجر شد (کالینز و اپلبی[4]، ۲۰۱۸).

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش، گنجاندن مؤلفه روایت فرهنگی–دینی در کتب درسی با پیوند دادن علم به باورهای دینی و فرهنگی، موجب معنادار شدن مفاهیم علمی، افزایش انگیزه یادگیری و تقویت هویت دانش‌آموزان می‌شود.

هدف اصلی پژوهش حاضر، تحلیل محتوای کتاب شیمی دهم جمهوری اسلامی ایران بر اساس مؤلفه‌های روایت‌پردازی در آموزش علوم و تعیین ضریب اهمیت و رتبه‌بندی این مؤلفه‌ها با استفاده از آنتروپی شانون است. بر اساس هدف فوق، این پژوهش به دنبال پاسخگویی به سؤالات زیر است:

۱. میزان توجه به مؤلفه‌های روایت‌پردازی در کتاب شیمی دهم چگونه است؟
۲. ضریب اهمیت و رتبه‌بندی مؤلفه‌های روایت‌پردازی در کتاب شیمی دهم با استفاده از آنتروپی شانون چگونه است؟

۳. روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع تحلیل محتوا است که به روش کیفی و کمی انجام شده است. جامعه و نمونه پژوهش شامل محتوای کتاب درسی شیمی پایه دهم (چاپ ۱۴۰۳) بود. با توجه به ماهیت تحلیل محتوا، کل کتاب به عنوان نمونه پژوهش مورد بررسی قرار گرفت و نمونه‌گیری انجام نشد. برای استخراج داده‌ها از سیاهه تحلیل محتوا بر اساس مؤلفه‌های روایت‌پردازی استفاده شد که شامل شش مؤلفه روایت دینی–فرهنگی، روایت علمی، شخصیت‌محوری، روایت تاریخی، داستان‌های تخیلی و سناریوهای شبیه‌سازی‌شده و استفاده از مثال‌های روزمره در قالب روایت بود. سیاهه بر اساس مطالعات پیشین و مبانی نظری مرتبط طراحی شد. روایی ابزار با استفاده از نظر متخصصان تأیید شد. این گروه شامل دو نفر از اساتید آموزش شیمی دانشگاه فرهنگیان، دو نفر از دبیران شیمی و یک متخصص تحلیل محتوا بودند. برای بررسی پایایی ابزار، از روش توافق بین کدگذاران بهره گرفته شد. بدین منظور، بخش‌هایی از کتاب به‌صورت تصادفی انتخاب شده و به‌طور مستقل توسط دو کدگذار تحلیل گردید. میزان توافق میان آن‌ها با استفاده از ضریب هولستی محاسبه شد که مقدار آن ۰/۸۵ به دست آمد که نشان‌دهنده‌ی پایایی قابل‌قبول ابزار و فرایند کدگذاری بود. واحد تحلیل، جملات و بندهای روایی در متن کتاب بودند که به‌صورت دستی بررسی و در جدول کدگذاری ثبت شدند. در این سیاهه، هر مؤلفه به شاخص‌های دقیق‌تری تفکیک شد تا امکان کدگذاری نظام‌مند و اندازه‌گیری عینی محتوای کتاب فراهم گردد.

سپس فراوانی و درصد حضور هر یک از مؤلفه‌های روایت‌پردازی در کل محتوای کتاب شیمی دهم محاسبه شد. برای تعیین ضریب اهمیت و رتبه‌بندی مؤلفه‌ها، از مدل آنتروپی شانون استفاده شد. طبق روش آنتروپی شانون هر مؤلفه‌ای که از ضریب اهمیت بیشتری برخوردار باشد، سهم بیشتری در کل کتاب دارد و در نتیجه از اهمیت بالاتری برخوردار است. این خروجی، مستقیماً مبنای رتبه‌بندی مؤلفه‌ها را فراهم می‌آورد. به عبارت دیگر با کمک آنتروپی شانون مشخص می‌شود که کدام یک از مؤلفه‌ها نقش پررنگ‌تر و متمایزکننده‌تری در شکل‌دهی به محتوای کتاب دارند، نه این‌که صرفاً کدام یک بیشتر تکرار شده‌اند (شانون، ۱۹۴۸).

[1] Vibranium
[2] Black Panther
[3] Ball
[4] Appleby

روش آنتروپی شانون شامل سه مرحله است. در مرحله اول، برای به دست آوردن ماتریس فراوانی‌های بهنجار شده از فرمول زیر استفاده گردید:

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

در این فرمول، P نمایانگر ماتریس فراوانی بهنجار شده، F نشان دهنده فراوانی هر مؤلفه، i شماره پاسخگو، j شماره مؤلفه، n تعداد مؤلفه‌ها و m تعداد پاسخگوهاست.

در مرحله دوم، بار اطلاعاتی هر مؤلفه از طریق فرمول زیر محاسبه شد و در ستون‌های مربوطه قرار گرفت:

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

$$K = \frac{1}{L_n \; m}$$

در این فرمول Ej بار اطلاعاتی، P ماتریس فراوانی بهنجار شده و ln لگاریتم طبیعی است.

در مرحله سوم، با استفاده از مقادیر بار اطلاعاتی هر مؤلفه، ضریب اهمیت (Wj) آن مؤلفه محاسبه گردید.

$$W_j = \frac{E_j}{\sum_{j=1}^{n} E_j} \quad (3)$$

که در آن Wj ضریب اهمیت است.

۴. یافته‌های پژوهش

پس از تحلیل محتوای کتاب شیمی پایه دهم بر اساس مؤلفه‌های روایت‌پردازی، مشخص شد که مؤلفه‌های مختلف روایت‌پردازی در سراسر کتاب برای انتقال مفاهیم شیمی به‌کار رفته‌اند. در جدول ۱ نمونه‌هایی از مصادیق و شاخص‌های عملیاتی مؤلفه‌های روایت‌پردازی آورده شده است.

جدول ۱. مصادیق و شاخص‌های مؤلفه‌های روایت‌پردازی در کتاب شیمی پایه دهم.

مؤلفه	شاخص‌های عملیاتی	نمونه (مصداق)	صفحه
فرهنگی–دینی	استفاده از آیه، حدیث یا مفاهیم فرهنگی و ارزشی برای روایتگری مفاهیم علمی یا اخلاقی	آیهٔ ۴ از سورهٔ حدید می‌فرماید: « هوَ الَّذی خَلَقَ السَّمواتِ و الْأَرضَ فی سِتَّةِ أَیّامٍ» او کسی است که آسمان‌ها و زمین را در شش روز آفرید.	۱
		هوای آلوده بوی بدی دارد و چهره شهر را زشت می‌کند. این هوا باعث سوزش چشم، سردرد، تهوع و به وجود آمدن انواع بیماری‌های تنفسی مانند سرطان ریه می‌شود. وظیفه ما در برابر کاهش و از بین بردن این آلودگی‌ها چیست؟	۶۶
روایت علمی	بیان مستقیم مفاهیم علمی با ساختار روایی	اخترشیمیدان‌ها توانسته‌اند با طیف‌سنجی، بیش از ۱۲۰ مولکول در فضاهای بین ستاره‌ای شناسایی کنند.	۴۰
		پژوهشگران در حفاری یک شهر قدیمی، تکه‌ای از یک ظرف سفالی پیدا کردند و برای یافتن نوع عنصرهای فلزی آن از طیف نشری خطی استفاده	۴۵

		کردند. با توجه به طیف نشری خطی حاصل پیش‌بینی کنید چه فلزهایی در این سفال وجود دارد؟	
شخصیت‌محوری	روایت زندگی، تلاش، شکست، انگیزه و دستاورد یک فرد علمی	جابر بن حیان بنیان‌گذار علم شیمی با الهام از پدر داروسازش به داروسازی و کیمیاگری علاقمند شد. سپس برای بهره بردن از محضر امام جعفر صادق (ع) به کوفه مهاجرت کرد. او انواع ابزار آزمایشگاهی را طراحی و فرایندهای اساسی مانند تقطیر و تبلور را پایه‌گذاری کرد. از او چند رساله و کتاب به‌جای مانده است. بسیاری از دانشمندان بر این باورند که محتوای کتاب‌های جابر اثر ژرفی بر دیدگاه کیمیاگران اروپایی داشت و بعدها سبب تحولات شگرفی در دانش شیمی شد.	۷۹
		فریتس هابر به دلیل تهیهٔ آمونیاک از گازهای N_2 و H_2 در سال ۱۹۱۸ میلادی برندهٔ جایزهٔ نوبل شیمی شد. بزرگ‌ترین چالش هابر، یافتن شرایط بهینه برای انجام این واکنش بود. او سرانجام با عبور گازها از روی کاتالیزگر آهنی و جداسازی آمونیاک، موفق به حل مشکل صنعتی شد.	۸۱ و ۸۲
روایت تاریخی	اشاره به تحولات علمی یا فناوری در بستر زمان با استفاده از عنصر زمان و مکان	تلاش دانشمندان برای شناخت کیهان همچنان ادامه دارد. نمونه‌ای از آن، سفر طولانی و تاریخی دو فضاپیما به نام‌های وویجر ۱ و ۲ در سال ۱۹۷۷ میلادی (۱۳۵۶ خورشیدی) برای شناخت بیشتر سامانهٔ خورشیدی فرستاده شدند.	۲
		پژوهشگران می‌پنداشتند که کشور مصر مهد صنعت فرش‌بافی بوده است؛ اما با پیدا شدن فرشی به نام پازیریک در کوه‌های پازیریک سیبری و تعیین قدمت آن با استفاده C^{14}، مشخص شد که این فرش به ایران تعلق داشته و ۲۵۰۰ سال قدمت دارد.	۶
شبیه‌سازی/تخیلی	روایتگری از مفاهیم پیچیده از طریق تشبیه، استعاره، مدل‌سازی، داستان‌پردازی ذهنی	اگر زمین را به سیب تشبیه کنیم، ضخامت هواکره نسبت به زمین به نازکی پوست سیب می‌ماند.	۴۸
		اگر $۱۰^{۲۳}$ × اگر ۶/۰۲۲ دانهٔ برف در سطح ایران ببارد، لایه‌ای از برف به ارتفاع قلهٔ دنا (۴۵۰۰ متر) همهٔ کشور را می‌پوشاند.	۱۸
مثال روزمره	روایت پدیده‌های ملموس از زندگی واقعی که مفهوم علمی را منتقل می‌کند	گاهی مغز گردو، بادام، آفتابگردان و ... بو و مزهٔ کهنگی می‌دهد. امروزه در صنعت با استفاده گاز نیتروژن در بسته‌بندی مواد، می‌توان زمان ماندگاری مواد غذایی را افزایش داد.	۵۰
		آتش‌بازی با مواد شیمیایی، نورهای رنگی زیبا، چشم‌نواز و شادی بخشی در آسمان ایجاد می‌کند که از آن در جشن‌های ملی و رویدادهای جهانی مانند بازی‌های المپیک استفاده می‌شود.	۲۲

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، هر یک از مؤلفه‌های روایت‌پردازی نقش خاصی در انتقال مفاهیم شیمی به دانش‌آموزان ایفا می‌کنند. برای مثال، مؤلفه «فرهنگی–دینی» از طریق ارجاع به آیات قرآن و مفاهیم اخلاقی، علاوه بر انتقال مفاهیم علمی، بر ایجاد پیوند معنوی و اخلاقی تأکید دارد. از سوی دیگر، مؤلفه «علمی» با ارائه مفاهیم تخصصی شیمی به‌صورت روایی، تلاش کرده است تا این مفاهیم را برای دانش‌آموزان قابل‌فهم و ملموس سازد. مؤلفه «شخصیت‌محوری» برای پیوند دادن مفاهیم علمی با زندگی و فعالیت‌های شخصیت‌های علمی برجسته و تأثیرگذار در تاریخ علم به‌کار رفته است. این نوع روایتگری با تمرکز بر زندگی، دستاوردها و تلاش‌های علمی افراد، به دانش‌آموزان این فرصت را می‌دهد تا مفاهیم علمی را در قالب داستان‌های واقعی از زندگی دانشمندان بشناسند و یاد بگیرند. مؤلفه «شبیه‌سازی/تخیلی» از تخیل و تصورات ذهنی برای ترسیم مفاهیم شیمی استفاده می‌کند تا دانش‌آموزان با کمک تصاویری ملموس‌تر و قابل‌فهم‌تر بتوانند مفاهیم علمی پیچیده را درک کنند. مؤلفه «مثال‌های روزمره» برای پیوند دادن مفاهیم علمی با زندگی واقعی دانش‌آموزان استفاده شده است. این نوع روایتگری از پدیده‌ها و فرآیندهای آشنا به‌عنوان مثال‌هایی برای توضیح مفاهیم علمی استفاده می‌کند. این کار کمک می‌کند تا دانش‌آموزان ارتباطی ملموس و کاربردی با مفاهیم شیمی پیدا کنند.

سؤال پژوهشی اول: میزان توجه به مؤلفه‌های روایت‌پردازی در کتاب شیمی دهم چگونه است؟

کتاب درسی شیمی پایه دهم از نظر مؤلفه‌های روایت‌پردازی مورد تحلیل محتوا قرار گرفت و تمامی متن، جدول‌ها، تصاویر و تکالیف کتاب به‌دقت بررسی شد. در جدول ۲، فراوانی و درصد مؤلفه‌های روایت‌پردازی نظیر فرهنگی–دینی، علمی، تاریخی، شخصیت محوری، شبیه‌سازی و مثال روزمره به تفکیک تعداد وقوع در هر فصل آمده است.

جدول ۲. فراوانی و درصد مؤلفه‌های روایت‌پردازی در کتاب درسی شیمی دهم.

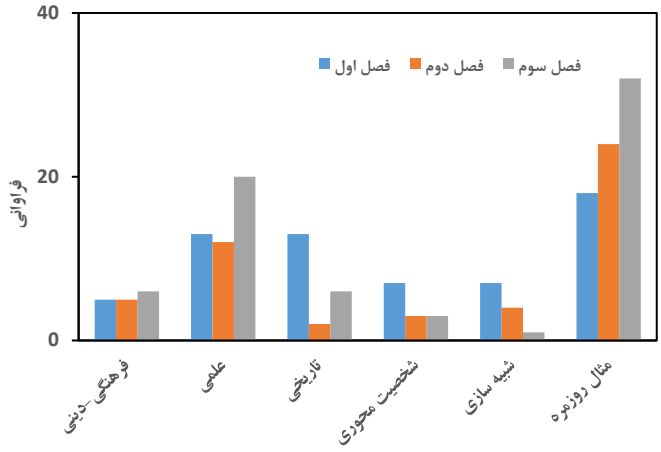
مؤلفه / فصل	فرهنگی–دینی	علمی	تاریخی	شخصیت محوری	شبیه‌سازی	مثال روزمره	فراوانی	درصد
فصل اول	۵	۱۳	۱۳	۷	۷	۱۸	۶۳	۳۴/۸
فصل دوم	۵	۱۲	۲	۳	۴	۲۴	۵۰	۲۷/۶
فصل سوم	۶	۲۰	۶	۳	۱	۳۲	۶۸	۳۷/۶
فراوانی	۱۶	۴۵	۲۱	۱۳	۱۲	۷۴	۱۸۱	–
درصد	۸/۸	۲۴/۹	۱۱/۶	۷/۲	۶/۶	۴۰/۹	–	۱۰۰

جدول ۲ توزیع فراوانی و درصد مؤلفه‌های شش‌گانه روایت‌پردازی شامل «فرهنگی–دینی»، «علمی»، «تاریخی»، «شخصیت‌محوری»، «شبیه‌سازی» و «مثال‌های روزمره» را در سه فصل کتاب شیمی پایه دهم نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مؤلفه «مثال‌های روزمره» با مجموع ۷۴ مورد (۴۰/۹٪) بالاترین سهم را در میان سایر مؤلفه‌ها به خود اختصاص داده است. پس از آن، مؤلفه «علمی» با ۴۵ مورد (۲۴/۹٪) و مؤلفه «تاریخی» با ۲۱ مورد (۱۱/۶٪) و مؤلفه «دینی–فرهنگی» با ۱۶ مورد (۸/۸٪) در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در مقابل، مؤلفه‌های «شخصیت‌محوری» (۷/۲٪) و «شبیه‌سازی» (۶/۶٪) کمترین تکرار را در محتوای کتاب داشته‌اند. همچنین مؤلفه‌های مثال روزمره و علمی به ترتیب در تمامی فصل‌های کتاب بالاترین فراوانی را به خود اختصاص داده بودند. از نظر توزیع فصلی، فصل سوم با ۶۸ مورد (۳۷/۶٪) بیشترین فراوانی مؤلفه‌ها را دارا بود، درحالی‌که فصل دوم با ۵۰ مورد (۲۷/۶٪) کمترین میزان توجه به مؤلفه‌های روایت‌پردازی را داشت.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در فصل اول مثال روزمره با فراوانی ۱۸، فصل بالاترین مقدار فراوانی را داشته است. پس از آن، مؤلفه علمی و تاریخی با فراوانی ۱۳ در جایگاه دوم قرار داشتند. مؤلفه‌های شخصیت محوری و شبیه‌سازی با فراوانی ۷ جایگاه سوم میزان توجه به مؤلفه‌های روایت‌پردازی را به خود اختصاص دادند و مؤلفه دینی–فرهنگی در جایگاه آخر قرار داشت. در فصل دوم مؤلفه مثال روزمره با فراوانی ۲۴ در صدر قرار دارد و به دنبال آن مؤلفه علمی با فراوانی ۱۲ در مقام دوم قرار گرفته است. مؤلفه دینی–فرهنگی با فراوانی ۵ جایگاه سوم را به خود اختصاص داد. مؤلفه‌های شخصیت محوری و تاریخی به ترتیب با فراوانی‌های ۳ و ۲ در این فصل ظاهر شده‌اند.

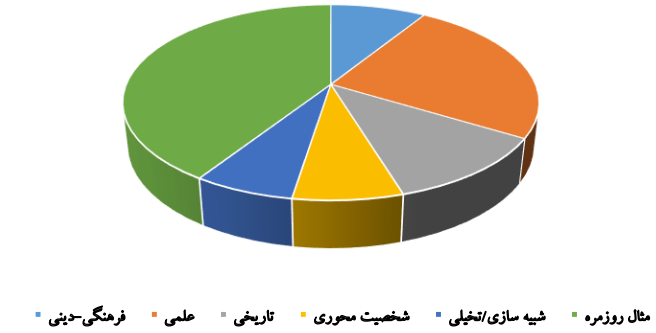
همچنین در فصل سوم، پس از مؤلفه‌های مثال روزمره و علمی که به ترتیب جایگاه اول و دوم را به خود اختصاص دادند، مؤلفه‌های فرهنگی–دینی و تاریخی با فراوانی ۶ در جایگاه سوم میزان توجه فراوانی به مؤلفه‌های روایت‌پردازی قرار داشتند. میزان توجه به مؤلفه‌های شخصیت محوری و شبیه‌سازی هم بسیار اندک بود.

نمودار ۱ توزیع فراوانی مؤلفه‌های شش‌گانه روایت‌پردازی را در سه فصل کتاب شیمی پایه دهم نشان می‌دهد. همان‌طور که از نمودار مشخص است، مؤلفه مثال روزمره بیشترین فراوانی را در تمامی فصول به خود اختصاص داده است. پس از آن، مؤلفه‌ی علمی در رتبه‌ی دوم قرار دارد. در مقابل کمترین میزان توجه به مؤلفه‌ی شخصیت‌محوری و شبیه‌سازی اختصاص یافته است.



نمودار ۱. توزیع فراوانی مؤلفه‌های روایت‌پردازی به تفکیک سه فصل کتاب شیمی پایه دهم.

نمودار ۲ توزیع درصد فراوانی مؤلفه‌های روایت‌پردازی را در کتاب شیمی دهم به‌صورت نمودار دایره‌ای نمایش می‌دهد. همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌شود، بیشترین سهم به مؤلفه‌ی مثال روزمره با ٪۴۰/۹ اختصاص دارد. در رتبه‌ی دوم، مؤلفه‌ی علمی با ٪۲۴/۹ قرار دارد. پس از آن، مؤلفه‌های تاریخی (٪۱۱/۶)، فرهنگی–دینی (٪۸/۸)، شخصیت‌محوری (٪۷/۲) و شبیه‌سازی/تخیلی (٪۶/۶) در رتبه‌های بعدی قرار دارند.



نمودار ۲. توزیع درصد فراوانی مؤلفه‌های روایت‌پردازی در کتاب شیمی پایه دهم.

سؤال پژوهشی دوم: ضریب اهمیت و رتبه‌بندی مؤلفه‌های روایت‌پردازی در کتاب شیمی دهم با استفاده از آنتروپی شانون چگونه است؟

نتایج حاصل از آنتروپی شانون در مورد مؤلفه‌های روایت‌پردازی در کتاب شیمی دهم در جدول ۳ نشان داده شده است. این نتایج به بررسی بار اطلاعاتی و ضریب اهمیت (وزن) هر یک از مؤلفه‌ها پرداخته است. بار اطلاعاتی هر مؤلفه میزان پراکندگی و تنوع اطلاعات آن در سراسر کتاب را نشان می‌دهد و تعیین کننده این است که هر مؤلفه تا چه اندازه در متن کتاب از تنوع برخوردار است و اطلاعات مختلفی را در خود گنجانده است. ضریب اهمیت هر مؤلفه است نشان می‌دهد مصادیق آن مؤلفه چقدر به صورت متمرکز (در یک یا دو فصل) یا یکنواخت (در همه فصول) توزیع شده‌اند. مؤلفه‌ای که وزن بالاتری دارد، از توزیع نابرابرتر و متمرکزتری برخوردار است و بنابراین در ایجاد تمایز بین الگوی روایت‌پردازی فصل‌های مختلف، نقش بارزتری ایفا می‌کند.

جدول ۳. نتایج حاصل از آنتروپی شانون در مورد مؤلفه‌های روایت‌پردازی در کتاب شیمی دهم

مؤلفه	بار اطلاعاتی (Ej)	ضریب اهمیت (Wj)	رتبه (Rank)
تاریخی	۰/۷۹۹۸	۰/۱۹۳۷	۱
شبیه‌سازی/تخیلی	۰/۸۰۸۰	۰/۱۸۵۸	۲
شخصیت محوری	۰/۹۱۹۴	۰/۰۷۸۰	۳
مثال روزمره	۰/۹۷۵۴	۰/۰۲۳۸	۴
علمی	۰/۹۷۵۴	۰/۰۲۳۸	۴
دینی–فرهنگی	۰/۹۹۶۵	۰/۰۰۳۴	۵

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، مؤلفه تاریخی با کسب بالاترین ضریب اهمیت (۰/۱۹۳۷) در رتبه نخست قرار دارد. این نتیجه نشان می‌دهد که مصادیق این مؤلفه دارای متمرکزترین الگوی توزیع هستند؛ به عبارت دیگر، روایت‌های تاریخی به صورت نامتوازن و عمدتاً در فصل اول (بر اساس داده‌های جدول ۲) قرار دارند و در فصول دیگر کمتر بکار رفته اند.

مؤلفه شبیه‌سازی/تخیلی با ضریب اهمیت ۰/۱۸۵۸ در رتبه دوم جای دارد. این نتیجه حاکی از توزیع نسبتاً متمرکز این مؤلفه است که نشان می‌دهد کتاب از قالب‌های استعاری و تخیلی در بخش‌های مشخصی برای تجسم مفاهیم پیچیده استفاده کرده است. مؤلفه شخصیت‌محوری با وزن ۰/۰۷۸۰ رتبه سوم را به خود اختصاص داده که نشان‌دهنده سطح متوسطی از تمرکز در توزیع این مولفه است.

در مقابل، مؤلفه‌های مثال روزمره و علمی با پایین‌ترین ضرایب اهمیت (هر دو ۰/۰۲۳۸) در رتبه چهارم قرار گرفته‌اند. این ضرایب پایین، پراکندگی و یکنواختی بالای توزیع این دو مؤلفه را در سراسر کتاب نشان می‌دهد. به این معنا که کتاب از مثال‌های ملموس و روایت‌های علمی به عنوان قالب‌های پایه و فراگیر در همه فصول استفاده کرده و حضور آن‌ها در تمامی فصول تقریباً متوازن است. سرانجام، مؤلفه دینی–فرهنگی با کمترین ضریب اهمیت (۰/۰۰۳۴) در رتبه پنجم قرار دارد. این نتیجه حاکی از یکنواخت‌ترین و متعادل‌ترین الگوی توزیع این مولفه در بین فصول کتاب شیمی پایه دهم است.

۵. بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر به تحلیل محتوای کتاب شیمی دهم بر اساس مؤلفه‌های روایت‌پردازی اختصاص داشت و تلاش کرد تا میزان توجه به این مؤلفه‌ها و هم‌چنین ضریب اهمیت هر یک از آن‌ها را با استفاده از مدل آنتروپی شانون بررسی کند.

طبق داده‌های جدول ۲، در مجموع ۱۸۱ بار مؤلفه‌های مختلف روایت‌پردازی در کتاب شیمی دهم بکار رفته است. در میان این مؤلفه‌ها، مؤلفه مثال‌های روزمره با مجموع ۷۴ مورد بالاترین سهم را در میان سایر مؤلفه‌ها به خود اختصاص داده است که نشان‌دهنده توجه ویژه کتاب به پیوند مفاهیم شیمی با زندگی روزمره دانش‌آموزان است. پس از آن، مؤلفه علمی با ۴۵ مورد در رتبه دوم قرار داشت. مؤلفه‌های تاریخی با ۲۱ مورد و دینی–فرهنگی با ۱۶ مورد در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. در مقابل، مؤلفه‌های شخصیت‌محوری و شبیه‌سازی/تخیلی به ترتیب با ۱۳ و ۱۲ مورد، تکرار کمتری در کتاب داشتند که نشان دهنده تأکید کمتر بر این مؤلفه‌ها در فرآیند روایت‌پردازی کتاب است.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، مؤلفه «مثال‌های روزمره» بیشترین فراوانی را در کتاب شیمی دهم به خود اختصاص داده است که نشان‌دهنده تلاش مؤلفان کتاب برای پیوند دادن مفاهیم شیمی به زندگی واقعی دانش‌آموزان است. طبق نظر استوکلمایر و گیلبرت (۲۰۰۳) استفاده از مثال‌های روزمره و ارتباط با تجربه زیسته باعث یادگیری معنادار شیمی می¬شود. این امر در این کتاب به‌خوبی محقق شده است و به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا ارتباط ملموسی با مفاهیم شیمی برقرار کنند و آن‌ها را در زندگی روزمره خود مشاهده کرده و بکار بگیرند. از منظر تربیتی–شناختی، کاربرد مثال‌های روزمره نه تنها ایجاد ارتباط معنادار را تسهیل می‌کند، بلکه با فعال‌سازی دانش زمینه‌ای و حافظه رویدادی دانش‌آموزان، انتقال و تثبیت مفاهیم انتزاعی شیمی را در

حافظه بلندمدت تقویت می‌نماید. این رویکرد با نظریه یادگیری موقعیتی[1] همسو بوده و یادگیری را در بافت طبیعی زندگی تعبیه می‌کند (لاو و ونگر[2]، ۱۹۹۱).

مطابق با یافته‌های این پژوهش که در جدول ۲ آمده است، روایت‌های علمی سهم قابل‌توجهی از روایت‌های کتاب شیمی دهم را شامل می‌شوند. این نتیجه با یافته‌های سانچز–رویز و همکاران (۲۰۲۲) و ران و همکاران (۲۰۲۰) همسو است که استفاده از روایت‌های علمی را نه‌فقط برای ارائه مفاهیم علمی به‌صورت کاربردی و جذاب‌تر می‌دانند، بلکه بر ابن باورند که روایت‌های علمی در کتاب‌های درسی و در تدریس به درک عمیق‌تر مفاهیم نیز کمک می‌کند. از سوی دیگر کالینز و دیگران (۲۰۲۳) بر این باورند که استفاده از روایت‌های علمی به‌ویژه در آموزش مفاهیم پیچیده شیمی برای دانش‌آموزانی که در آغاز مسیر خود در دنیای علوم قرار دارند، به‌عنوان ابزارهایی جذاب و مؤثر عمل می‌کنند. تأکید بر مؤلفه روایت علمی در کتاب، با اصول آموزش مبتنی بر شواهد[3] و تقویت سواد علمی همخوانی دارد. از دیدگاه شناختی، روایت‌های علمی با ارائه چارچوب‌های علی–معلولی، به سازماندهی ذهنی اطلاعات و شکل‌گیری طرحواره‌های شناختی پایدار کمک می‌کنند که برای درک پیچیدگی‌های علوم ضروری است (برنسفورد[4] و همکاران، ۲۰۰۰).

در مقابل، مؤلفه «شخصیت‌محوری» که به معرفی زندگی و دستاوردهای دانشمندان اختصاص دارد، فراوانی اندکی را در کتاب نشان داد. این نتایج با یافته‌های آراندا و همکاران (۲۰۲۱) و پلیگرینو و همکاران (۲۰۱۸) که استفاده از داستان‌های زندگی‌نامه‌ای دانشمندان را به‌عنوان یک ابزار مؤثر در تقویت درک علمی مطرح می‌کنند، همسو نیست. این توجه اندک نشان‌دهنده این است که کتاب شیمی دهم کمتر به معرفی شخصیت‌های علمی و پیوند دادن آن‌ها با مفاهیم شیمی پرداخته است، درحالی‌که این نوع روایتگری می‌تواند به درک عمیق‌تر و انگیزه‌بخش برای دانش‌آموزان منجر شود. کم‌توجهی به این مؤلفه، فرصت استفاده از الگوسازی نقش و تقویت هویت علمی در دانش‌آموزان را کاهش می‌دهد. از منظر نظریه یادگیری اجتماعی–شناختی بندورا[5]، مواجهه با داستان زندگی و چالش‌های دانشمندان، می‌تواند به طور غیرمستقیم خودکارآمدی و انگیزش درونی دانش‌آموزان را در مواجهه با مفاهیم دشوار افزایش دهد (بندورا، ۱۹۹۷).

طبق آنتروپی شانون ضریب اهمیت (وزن) مؤلفه‌ها الزاماً با فراوانی آن‌ها هم‌راستا نیست، بلکه با الگوی توزیع و پراکندگی آن‌ها در بین فصول کتاب مرتبط است. مؤلفه‌ای با فراوانی کمتر اما توزیع بسیار نامتوازن (متمرکز در یک فصل) می‌توانند ضریب اهمیت بالاتری کسب کند که نشان‌دهنده کاربرد تاکیدی و متمایزکننده آن در ساختار کتاب است. این نتایج با نتایج پژوهش و محمودی و ایمانی فر (۱۳۹۹) همسو است.

همان‌طور که نتایج جدول ۳ نشان داد، مؤلفه‌های تاریخی و شبیه‌سازی/تخیلی علی‌رغم فراوانی کمتر نسبت به مؤلفه‌هایی مانند علمی و مثال روزمره، بالاترین ضرایب اهمیت را به خود اختصاص داده‌اند. مؤلفه تاریخی که رتبه سوم را از نظر فراوانی (۲۱ مورد) داشته، بالاترین ضریب اهمیت (۰/۱۹۳۷) را کسب کرده است. دلیل این امر توزیع نامتوازن و متمرکز مصادیق آن است که عمدتاً در فصل اول کتاب گنجانده شده و سیر تحول مفاهیم پایه را برجسته کرده است. مؤلفه روایت تاریخی با تمرکز بر تاریخ علم و پیشرفت‌های علمی، مفاهیم شیمی را در بستر زمان و مکان قرار می‌دهد و به تقویت درک علمی و تاریخی در ذهن دانش‌آموزان کمک می‌کند. مطالعات هانسون (۲۰۱۴) نیز بر ضرورت آشنایی دانش‌آموزان با ماهیت تاریخی علم تأکید دارد. از منظر تربیتی–شناختی این تمرکز در فصل آغازین کتاب، با اصول یادگیری مبتنی بر داستان و آغازگرهای شناختی[6] مطابقت دارد. ارائه سیر تاریخی نظریه‌ها، نه تنها تفکر انتقادی درباره ماهیت تحولی علم را تقویت می‌کند، بلکه با ایجاد یک چارچوب روایی، به دانش‌آموز کمک می‌کند تا دانش جدید را در یک ساختار زمانی معنادار سازماندهی کند (ایگان[7]، ۲۰۰۵).

---

[1] Situated Learning
[2] Lave & Wenger
[3] Evidence-Based Education
[4] Bransford
[5] Bandura
[6] Cognitive Anchors
[7] Egan

هم‌چنین، مؤلفه «شبیه‌سازی/تخیلی» با وجود فراوانی اندک، به دلیل ضریب اهمیت بالا و الگوی توزیع متمرکز، به‌عنوان یک ابزار مفید در ساده‌سازی مفاهیم پیچیده علمی کتاب شیمی دهم عمل کرده است. استفاده از استعاره‌ها و تشبیه‌ها در موقعیت‌های خاص، یکی از روش‌های موفق برای آموزش مفاهیم انتزاعی شیمی به ذهن دانش‌آموز است که با یافته‌های ران و دیگران (۲۰۲۰) و چوانگ و چنگ (۲۰۱۸) همسو است. استفاده متمرکز از مؤلفه شبیه سازی/تخیلی، با نظریه بار شناختی[1] همسو است. تشبیه‌ها و استعاره‌های هدفمند، با کاهش بار شناختی بیرونی و تسهیل پردازش اطلاعات پیچیده، به درک عمیق‌تر و انتقال یادگیری کمک شایانی می‌کنند (اسویلر[2] و همکاران، ۲۰۱۹).

همچنین، مؤلفه «دینی–فرهنگی» با وجود قرار گرفتن در رتبه چهارم از نظر فراوانی (۱۶ مورد)، طبق آنتروپی شانون کمترین ضریب اهمیت (۰/۰۰۳۴) را کسب کرده است. این ضریب اهمیت بسیار پایین، نه تنها به دلیل فراوانی محدود، بلکه عمدتاً به دلیل توزیع بسیار یکنواخت مصادیق آن در فصول مختلف کتاب است. چنین الگوی پراکندگی یکنواخت می تواند باعث کاهش تأثیرگذاری بالقوه این مؤلفه در القای عمیق ارزش‌ها و نگرش‌های مورد نظر شود. این یافته با نتایج پژوهش اسلام و اسداله (۲۰۱۸) که بر نقش کلیدی کتاب‌های درسی در نهادینه کردن ارزش‌ها و نگرش‌ها در ذهن دانش‌آموزان تاکید کردند، همسو نیست. از دیدگاه نظریه پیوند عاطفی[3] در آموزش، ادغام عمیق‌تر و مبتکرانه ارزش‌های فرهنگی و دینی با مفاهیم علمی، می‌تواند به ایجاد نگرش مثبت پایدار و تعهد شناختی در یادگیرندگان منجر شود (برگین[4]، ۲۰۱۸).

از منظر تربیتی–شناختی، طراحی کتاب درسی باید آگاهانه و با در نظر گرفتن اصول روان‌شناسی یادگیری صورت پذیرد. تعادل پویا بین فراوانی، توزیع و کیفیت مؤلفه‌های روایی، تنها زمانی محقق می‌شود که نقش هر یک در فعال‌سازی مکانیسم‌های شناختی و تربیت نگرش‌های علمی مورد توجه قرار گیرد. این رویکرد یکپارچه، می‌تواند کتاب درسی را از یک منبع اطلاعاتی صرف، به یک ابزار مفید شناختی–تربیتی تبدیل کند.

در نهایت نتایج پژوهش نشان داد که هر چه یک مولفه به‌صورت غیریکنواخت و متمرکز در بخش‌های خاصی از کتاب به‌کار رفته باشد، در ایجاد تمایز بین الگوی روایت‌پردازی فصل‌ها نقش بارزتری ایفا می‌کند. در مقابل، مؤلفه‌هایی که به صورت پراکنده و متوازن در سراسر کتاب توزیع شده‌اند، ضریب اهمیت پایین‌تری را نشان دادند. این نتایج بر اهمیت توجه همزمان به سه بعد کمیت (فراوانی)، توزیع (پراکندگی) و کیفیت مؤلفه‌های روایت‌پردازی در طراحی کتاب‌های درسی شیمی تأکید دارد. پیشنهاد می‌شود در طراحی، تدوین و بازنگری کتاب‌های درسی، از مؤلفه‌های مختلف روایت‌پردازی به‌طور متوازن و هدفمندتری استفاده شود. چنین رویکردی می‌تواند به انتقال جذاب‌تر و مؤثرتر مفاهیم علمی به دانش‌آموزان بینجامد.

[1] Cognitive Load Theory
[2] Sweller
[3] Attachment Theory
[4] Bergin

۶. منابع

Alber M. Creative writing and chemistry. J Chem Educ. 2001 April; 78(4), 478.

Aranda, M. L., Diaz, M., Mena, L. G., Ortiz, J. I., Rivera-Nolan, C., Sanchez, D. C., ... & Tanner, K. D. (2021). Student-authored scientist spotlights: Investigating the impacts of engaging undergraduates as developers of inclusive curriculum through a service-learning course. CBE—Life Sciences Education, 20(4), ar55. https://doi. 10.1187/cbe.21-03-0060

Avraamidou, L., & Osborne, J. (2009). The role of narrative in communicating science. *International Journal of Science Education, 31*(12), 1683-1707. https://doi.10.1080/09500690802380695.

Bautista, N. M., Quileza, E. S., & Rojo, M. D. (2022). Factors associated with low enrollment and performance of senior high school students in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). Asia Pacific Journal of Education, 42(1), 112–22. https://doi.org/ 10.1080/02188791.2020.1839129

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Macmillan.

Boscolo, A., Lippiello, S., & Pierri, A. (2024). Storytelling as a skeleton to design a learning unit: A model for teaching and learning optics. Education Sciences, 14(3), 218. Doi: https://doi.org/10.3390/ educsci14030218

BouJaoude, S., & Noureddine, R. (2020). Analysis of science textbooks as cultural supportive tools: The case of arab countries. International Journal of Science Education, 42(7), 1108–1123. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1748252

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn* (Vol. 11). Washington, DC: National academy press.

Bruner, J. (1991). The narrative construction of reality. *Critical inquiry*, *18*(1), 1-21.

Chi, S., Wang, Z., & Qian, L. (2024). Scientists in the textbook: Development and validation of an analytical framework for analyzing scientists' portrayals in an American chemistry textbook. *Science & Education, 33*(4), 937-962. https://doi.org/10.1007/s11191-022-00414-3

Chuang HH, Cheng MM. 2018. Learning processes for digital storytelling scientific imagination. EURASIA Journal of Mathematics, Science, and Technology Education 15(2). https://doi.org/10.29333/ ejmste/100636

Collins, S. N. (2021). The importance of storytelling in chemical education. *Nature Chemistry*, *13*(1), 1-2. https://doi.org/10.1038/s41557-020-00617-7

Collins, S. N. (2020). Inorganic Chemistry: Vibranium and Marvel Studios' Black Panther. In Advances in Teaching Inorganic Chemistry Volume 1: Classroom Innovations and Faculty Development (pp. 87-95). American Chemical Society. https://doi.org/10.1021/bk-2020-1370.ch008

Collins, S. N., & Appleby, L. (2018). Black Panther, vibranium, and the periodic table. *Journal of Chemical Education*, *95*(7), 1243-1244. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00206

Collins, S., Steele, T., & Nelson, M. (2023). Storytelling as pedagogy: The power of chemistry stories as a tool for classroom engagement. Journal of Chemical Education, 100(7), 2664-2672. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00008

Danckwardt-Lillieström, K., Andrée, M., & Enghag, M. (2020). The drama of chemistry–supporting student explorations of electronegativity and chemical bonding through creative drama in upper secondary school. International Journal of Science Education, 42(11), 1862-1894. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1792578

Dele-Ajayi, O., Bradnum, J., Prickett, T., Strachan, R., Alufa, F., & Ayodele, V. (2020). Tackling gender stereotypes in STEM educational resources. 2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 1–7. https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9274158

Egan, K. (2005). *An imaginative approach to teaching*. John Wiley & Sons.

Folino, D. A. Stories and Anecdotes in the Chemistry Classroom. J. Chem. Educ. 2001, 78 (12), 1615. https://doi.org/10.1021/ed078p1615

Göksu, V., & İnaltekin, T. (2020). Examining the profles of scientists in secondary science textbooks in Turkey. Kastamonu Education Journal, 28(2), 977–991. https://doi.org/10.24106/kefdergi.702955

Hadzigeorgiou Y. 2022. Biographical profiling of Nikola Tesla for the creation of an engaging story. Education Sciences 12(1): 12. https://doi.org/10.3390/ educsci12010012

Hadzigeorgiou, Y. (2006). Humanizing the teaching of physics through storytelling: The case of current electricity. Physics Education, 41(1), 42. https://doi.org/10.1088/0031-9120/41/1/003

Hadzigeorgiou, Y. (2016). Narrative thinking and storytelling in science education. In Imaginative science education: The central role of imagination in science education (pp. 83-119). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29526-8_4

Hofmann, R. (2014). The tensions of scientific storytelling. Am. Sci. https://doi.org/10.1511/2014.109.250

Hansson, L., & Leden, L. (2020). Images of scientists in textbooks aimed at students in need of supplemental support–An Analysis of Adjustments. In *Nature of Science for Social Justice* (pp. 225-243). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47260-3_12

Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. International Journal of Science Education, 36(15), 2534–2553.

Islam, K. M. M., & Asadullah, M. N. (2018). Gender stereotypes and education: A comparative content analysis of Malaysian, Indonesian, Pakistani and Bangladeshi school textbooks. PLoS ONE, 13(1), e0190807.

Ivić, I., Pešikan, A., & Antić, S. (2013). Textbook quality: A Guide to textbook standards. Göttingen: V & R Unipress

Jeffries, D., Curtis, D. D., & Conner, L. N. (2020). Student factors influencing STEM subject choice in year 12: A structural equation model using PISA/LSAY data. International Journal of Science and Mathematics Education, 18(3), 441–461. https://doi.org/10.1007/ s10763-019-09972-5

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge university press.

Medupin, C. (2024). Perspectives on using storytelling as a means of teaching and learning: reflections from diverse groups of participants on the theme"what's in your river?". Education Science, 14, 18. https:/ / doi.org/10.3390/educsci14010018

Millar, R., & Osborne, J. F. (Eds.). (1998). Beyond 2000: Science Education for the Future. London: King's College London. http://www.kcl.ac.uk/education

Muindi, F. J., Ramachandran, L., & Tsai, J. W. (2020). Human narratives in science: The power of storytelling. Trends in Molecular Medicine, 26(3), 249–251. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722

Pellegrino, A., Peters-Burton, E., & Gallagher, M. (2018). Considering the nature and history of science in secondary science textbooks. The High School Journal, 102(1), 18–45. https://doi.org/10.1353/hsj.2018.0018

Ran, H., Shen, J., Smith, B.E., Maria, K., & Wang. C. (2020). Storytelling for Science Learning: Developing an Assessment Framework to Examine Adolescents' Multimodal Sci-Fi Narratives. Conference: International Conference of the Learning Sciences At: Nashville, TN, USA

Sánchez-Ruíz, M. J., Fernández-Balboa, J. M., & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Predictors of science, technology, engineering and mathematics (STEM) interest and academic achievement in Mexican high school students. International Journal of STEM Education, 9(1), 1–21. https://doi.org/10.29333/iejme/13060

Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. The Bell system technical journal, 27(3), 379-423

Stocklmeyer, S. & Gilbert, J.K. (2003). Informal chemical education. In J.K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. Treagust, & J.H. Van Driel (Eds.), Chemical education: Towards research-based practice (pp. 143-164). Dordrecht, NL: Kluwer Academic Publishers.

Sweller, J., Van Merriënboer, J. J., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational psychology review*, *31*(2), 261-292.

Yang, C., Lee, J., & Noh, T. (2014). An exploratory investigation of the imaginative writing processes of middle school students. Journal of the Korean Association for Science Education, 34(5), 511-521. http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2014.34.5.0511

Yonas, A., Sleeth, M., & Cotner, S. (2020). In a "Scientist Spotlight" intervention, diverse student identities matter. Journal of Microbiology & Biology Education, 21(1), 10-1128. https://doi.org/10.1128/jmbe.v21i1.2013.