



فصلنامه علمی پژوهش در ایمنی، سلامت و محیط زیست



واکاوی مؤلفه‌های مدیریت پسماند مواد در کتاب آزمایشگاه علوم تجربی بر اساس روش آنتروپی شانون

شریف کامیابی^۱

^۱ استادیار، گروه آموزش شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

مشخصات مقاله	چکیده
تاریخچه مقاله:	پژوهش حاضر باهدف توجه به اهمیت نظارت بر ورود پسماند مواد شیمیایی به محیط زیست به بررسی محتوای کتاب آزمایشگاه علوم تجربی از لحاظ توجه به مؤلفه‌های مدیریت پسماند مواد شیمیایی انجام گرفته است. پژوهش از نوع کاربردی است و در آن، کتاب آزمایشگاه علوم تجربی (۲) سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ به روش آنتروپی شانون بررسی شده است. سرمشق‌های موردبررسی شامل متون، اشکال، پرسش‌ها و هشدارهای ایمنی کتاب بود که با استفاده از ابزار چکلیست تحلیل محتوا، در پنج مؤلفه مدیریت پسماندها شامل حذف، دفع، بازیافت، تصفیه و استفاده در مقیاس خرد، بررسی شده‌اند. روایی محتوا توسط متخصصان موضوعی تأیید و ضریب اعتبار آن ۹۳/۴ درصد برآورد شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی پسماند، مربوط به بخش شیمی و کمترین مربوط به زمین‌شناسی است که کمتر توسط مدیریت پسماندها پوشش داده شده‌اند، در بررسی ضریب اهمیت مؤلفه‌ها مشخص شد که ضریب مؤلفه "حذف" با $Wj=0/229$ بیشترین و ضریب مؤلفه "دفع" و "تصفیه" با $Wj=0/178$ کمترین است به عبارتی مؤلفین به مقوله حذف بیشتر توجه نموده و به مؤلفه‌های دفع و تصفیه پسماند کمتر اهمیت داده‌اند، از آنجاییکه توجه به مسائل مدیریت پسماند در آزمایشگاه‌های مراکز آموزشی به دلیل تأثیر عمیق آن بر محیط زیست شهری یک ضرورت محسوب می‌شود پیشنهاد می‌شود در بازنگری محتوای کتاب‌های آزمایشگاه علوم، علاوه بر حذف منبع آلودگی و طراحی آزمایش‌های کم خط، به‌طور متناسب و متوازن به همه مؤلفه‌های مدیریت پسماند از جمله روش‌های دفع و تصفیه پسماند دقت و توجه گردد.
کلید واژه‌ها:	
واکاوی محتوا،	
مدیریت پسماند مواد،	
کتاب آزمایشگاه علوم تجربی،	
روش آنتروپی شانون،	

*نویسنده مسئول: ka_kamyabi@yahoo.co



۱- مقدمه

برای آموزش اثربخش علوم تجربی استفاده از فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی جهت تقویت ساحت شناختی دانش آموزان و همچنین فراگیری مهارت‌های عملی تأثیر بسزای در فرایند آموزش و یادگیری دارد [۱].

آزمایش در رشد و شکوفایی علوم تجربی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و در بررسی تاریخ علم مشخص شده است که بدون انجام آزمایش و کسب مهارت‌های تجربی، نمی‌توان از مفاهیم آموخته‌شده در حل مسائل و مشکلات زندگی واقعی بهره گرفت [۲]، بالاترین سطح از مهارت‌های قصد شده در انجام آزمایش عبارت است از دست ورزی و توانایی انجام کار با ابزار، وسایل آزمایشگاهی و به‌کارگیری نظریه‌های علمی [۳]، در حل چالش‌ها است که در این صورت، فراگیران می‌توانند با انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی بر مهارت‌های مورد نیاز تسلط یابند و در مواجهه با چالش‌های آینده در یک جامعه جهانی‌شده و مبتنی بر دانش آماده شوند [۴].

بدیهی است که با استفاده از روش‌های صحیح آزمایشگاهی، رعایت اصول ایمنی و بهداشتی، تجربه‌های علمی جالبی را می‌توان در محیط آزمایشگاهی کسب کرد [۵]، وجود دستورالعمل اجرایی در کتب آزمایشگاهی جهت استفاده درست از مواد آزمایشگاهی و ایمنی و دفع پسماندهای ناشی از آن مورد نیاز است، این‌گونه پسماندها به‌طور معمول به‌همراه سایر پسماندها به سامانه فاضلاب شهری ریخته می‌شود که علاوه بر ایجاد مشکلات زیست‌محیطی موجب بروز حوادث جبران‌ناپذیری برای افراد می‌گردد [۶]، لذا ضرورت چگونگی به‌کارگیری و برخورد با این‌گونه مواد برای عوامل دخیل در فعالیت‌های آزمایشگاهی الزامی است.

پسماندهای آزمایشگاهی ناشی از فعالیت‌های آزمایشگاهی از قبیل انجام آزمایش‌ها آموزشی، تجهیزات و دستگاه‌های تمیزکننده و شناساگرها و کیت‌های آزمایشگاهی و ... هستند که نیازمند مدیریت ویژه‌ای می‌باشد و باید پس از شناخت ماهیت مواد در آزمایشگاه

طبقه‌بندی شود [۷]، دفع مواد شیمیایی زائد نیازمند دقت بیشتری بوده و با توجه به آلودگی محیط‌زیست و آب‌های زیرزمینی، نمی‌توان آن‌ها را در فاضل آب شهری رها کرد. همچنین مقررات زیست‌محیطی نیز اجازه دفع مواد شیمیایی را در محیط‌زیست شهری نمی‌دهد. بنابراین باید در دفع مواد شیمیایی زائد طوری عمل کرد که خطر آلودگی محیط‌زیست و مسموم شدن آب‌های زیرزمینی به کمترین حد خود برسد. در رابطه با کاهش خطرات دفع مواد شیمیایی زائد، مطالعه‌ای تحت عنوان "کاهش ضایعات شیمیایی تولیدشده در آزمایشگاه‌های آموزشی شیمی" انجام شده و تأکید کرده که میزان زباله در آزمایشگاه‌های آموزشی شیمی باید به حداقل برسد تا اثرات منفی بر محیط‌زیست و همچنین هزینه‌های دفع کاهش یابد. راه‌های مختلفی برای به حداقل رساندن زباله‌های تولیدشده در آزمایشگاه‌های آموزش شیمی وجود دارد، از جمله، (۱) حذف یا کاهش منبع آلودگی، (۲) بازیافت و استفاده مجدد از مواد شیمیایی، (۳) تصفیه زباله برای به حداقل رساندن خطرات آن، (۴) استفاده از مواد شیمیایی در مقیاس میکرو، و (۵) مدیریت بهتر آزمایشگاه‌های موجود در فضاهای آموزشی. همچنین شیوه‌نامه‌های کاهش ضایعات شیمیایی در مراکز آموزشی باید بروز شود تا بتواند میزان استفاده از مواد شیمیایی و ضایعات تولیدشده در آزمایشگاه‌های آموزشی را کاهش دهد، باینکه تلاش بیشتری برای بهبود وضعیت در این زمینه لازم است [۸]، در هر کشوری «سازمان حفاظت از محیط‌زیست» (EPA)^۱ مقرراتی را در زمینه خطرات احتمالی مواد شیمیایی و شیوه دفع آن‌ها ارائه می‌کند. سازمان بین‌المللی حفاظت از محیط‌زیست چهار ویژگی برای مشخص کردن مواد شیمیایی زائد و خطرناک مشخص کرده است که عبارت‌اند از: اشتعال‌پذیری، خوردگی، پرتوزایی و سمیت. با توجه به ویژگی‌های ذکرشده، باید برای جمع‌آوری، نگهداری و دفع انواع مواد شیمیایی از روش‌های ویژه‌ای استفاده کرده و تلاش نمود تا میزان سمیت و خطرات احتمالی آن‌ها را به کمترین مقدار ممکن رساند [۹].

پسماندهای آزمایشگاهی مطابق قانون مدیریت پسماندها، به دلیل بالا بودن حداقل یکی از خواص خطرناک

^۱ Environmental Protection Agency (EPA)

خصوص مدیریت پسماند و یا ایجاد آلودگی و تأثیر آن بر محیط‌زیست وجود ندارد [۱۲].

مطابق سند تحول بنیادی آموزش و پرورش در دهه اخیر ضرورت پرداختن به توسعه پایدار و رویکرد توجه به محیط‌زیست در کتاب‌های علوم و شیمی مورد توجه قرار گرفته است، بدون شک به‌منظور غنی‌سازی و ارتقای کیفیت این محتواهای آموزشی باید پژوهش‌های علمی مختلفی بر روی آن انجام شود که در این پژوهش سعی شده است تا با واکاوی کتاب درسی آزمایشگاه علوم تجربی (۲) سال جاری روشن شود که تا چه اندازه به مسئله مهم و حیاتی ایمنی مواد شیمیایی اهمیت داده شده است و از لحاظ توجه به مؤلفه‌های مدیریت پسماند در چه وضعیتی قرار دارد؟ با این نگاه محتوا کتاب به روش آنتروپی شانون مورد تحلیل قرار گرفته است.

روش پژوهش

این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نوع توصیفی به روش تحلیل محتوای است که در آن محتوای کتاب آزمایشگاه علوم تجربی (۲) از لحاظ توجه به مؤلفه‌های مدیریت پسماند مواد به روش آنتروپی شانون مورد بررسی قرار گرفته است. مؤلفه‌های آن بر اساس مطالعه و بررسی متون پژوهشی همچون، مقالات، پایان‌نامه‌ها و کتب مختلف در زمینه مدیریت پسماند مواد، انتخاب شده است. برای تعیین و تأمین روایی فهرست واری‌های تحلیل محتوا، از روش روایی صوری، محتوایی و نظر متخصصان استفاده شده است. به این ترتیب که فرم اولیه تحلیل محتوای کتاب آزمایشگاه علوم تجربی (۲) از لحاظ توجه به معضلات پسماند و مؤلفه‌های مدیریت پسماند در اختیار چهار نفر از صاحب‌نظران این حوزه (استادان رشته‌های برنامه‌ریزی درسی، شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی و بهداشت محیط) برای تغییر و اصلاح قرار گرفت که پس از اعمال نظرات آن‌ها فهرست واری‌های تحلیل محتوای نهایی در قالب ۵ مؤلفه اصلی تهیه گردید. جامعه آماری این پژوهش، کتاب درسی آزمایشگاه علوم تجربی (۲) سال تحصیلی ۱۴۰۳-۰۴ است که با استفاده از فرمول آنتروپی شانون [۱۳] مورد بررسی قرار گرفته است. نمونه آماری این پژوهش، کلیه فصل‌های کتاب آزمایشگاه علوم

به مراقبت‌های ویژه‌ای نیاز دارند و در رده پسماندهای ویژه قرار می‌گیرند، با اجرای اقدامات زیر، می‌توان به‌طور صحیح پسماندهای مواد شیمیایی در آزمایشگاه‌ها را مدیریت کرد و به حفاظت از محیط‌زیست و سلامت افراد مرتبط به آن‌ها کمک کرد [۱۰].

(۱) جداسازی پسماندها: ابتدا باید پسماندهای شیمیایی را از سایر پسماندها جدا کرد. این شامل جداسازی مواد قابل بازیافت، مواد خطرناک و مواد غیر خطرناک است.

(۲) طبقه‌بندی پسماندها: پس از جداسازی، مواد شیمیایی را بر اساس خطرات آن‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. این کار می‌تواند شامل استفاده از برچسب‌ها، نمادها و راهنمایی‌های مربوطه باشد.

(۳) ذخیره ایمن پسماندها: اطمینان از این‌که پسماندهای شیمیایی در محیطی ایمن و مناسب ذخیره می‌شوند. این شامل استفاده از ظروف محکم و مناسب، برچسب‌گذاری صحیح و جداگانه برای هر پسماند و نگهداری در مکان‌های مناسب می‌شود.

(۴) دورریزی صحیح: برای دورریزی پسماندهای شیمیایی، از روش‌های مناسب و قانونی استفاده شود. این شامل تحویل پسماندها به مراکز دورریزی مجاز و رعایت قوانین و مقررات محلی است.

(۵) آموزش و آگاهی: آموزش کارکنان آزمایشگاه در مورد مدیریت صحیح پسماندهای شیمیایی بسیار مهم است. اطمینان حاصل شود که کارکنان با روش‌های صحیح جمع‌آوری، ذخیره و دورریزی پسماندها آشنا هستند.

بررسی مطالعات پژوهشی مرتبط با معضلات محیط‌زیستی و پسماند مواد شیمیایی در کتاب‌های درسی، حاکی از عدم توجه بنیادی و سازمان‌دهی شده به مؤلفه‌های کلیدی و مدیریت پسماند مواد شیمیایی در کتاب‌های درسی است. توجه نامتوازنی به مؤلفه‌های آلودگی از لحاظ سمی بودن، قابل اشتعال بودن، واکنش‌پذیر بودن، خوردگی و عفونی‌شده است [۱۱]، کتاب‌های علوم تجربی دوره اول متوسطه به‌صورت پراکنده به موارد اشاره شده است، درحالی‌که در هیچ‌کدام از آن‌ها انعکاس معناداری در

جدول ۲. توزیع فراوانی و درصد پسماند مواد کتاب آزمایشگاه

علوم تجربی (۲)

گروه‌های بخش‌ها	سمی پود	قابل اشتعال	واکنش پذیر	خورنده	پایه	رط
فراوانی	۱۵	۹	۱۱	۱۴	۳	۵۲
	۵۰	۳۶	۴۷/۸۲	۵۰	۱۶/۶۶	۴۲/۰
فراوانی	۷	۸	۸	۵	۱	۲۹
	۲۳/۳۵	۳۲	۳۴/۷۸	۱۷/۸۵	۵/۵۶	۲۳/۴
فراوانی	۸	۷	۴	۵	۱۳	۳۷
	۲۶/۶۵	۲۸	۱۷/۴۰	۱۸/۵ ۱۷	۷۲/۲۲	۲۹/۸
فراوانی	۰	۱	۰	۴	۱	۶
	۰	۴	۰	۱۴/۳۰	۵/۵۶	۴/۸
کل						۱۲۴

نمودار ۱. توزیع درصد فراوانی مؤلفه‌ها مدیریت پسماند

بر اساس جدول (۲) در کتاب آزمایشگاه علوم تجربی (۲)، متون، اشکال و پرسش‌های و هشدارهای ایمنی مربوط به پسماند در بخش شیمی، بیشترین پسماند مربوط به مواد سمی و خورنده (۵۰ درصد) حکم‌ترین مورد مربوط به عفونی بودن مواد (۱۶/۶۶ درصد) هست همچنین در بخش فیزیک بیشترین پسماند مربوط به مواد واکنش‌پذیری و قابل اشتعال و کمترین پسماند مربوط به مواد عفونی هست درحالی‌که در بخش زیست‌شناسی بیشترین پسماند مربوط به مواد عفونی (۷۲/۲۲ درصد) و کمترین مربوط به مواد واکنش‌پذیری و خورنده هست و در بخش زمین‌شناسی نیز بیشترین پسماند مربوط به مواد خورنده بود، درمجموع فراوانی پسماندهای موجود در کتاب آزمایشگاه علوم (۲)، به تعداد ۱۲۴ مورد رسید که بیشترین مربوط به بخش شیمی به تعداد (۵۲) مورد و کمترین مربوط به پسماند بخش زمین‌شناسی (۶) مورد بوده است.

بر اساس پسماندهای موجود، فهرست واری‌های تحلیل محتوا بر اساس مؤلفه‌های مدیریت پسماند شامل (۱) حذف منبع آلودگی و جایگزینی آن با مواد ایمن (۲) دفع صحیح پسماند یا جمع‌آوری آن (۳) بازیافت و استفاده مجدد از پسماند (۴)

تجربی (۲) که درمجموع بالغ‌بر چهارفصل و ۱۲۸ صفحه است و نمونه بررسی شامل متون، تصاویر، پرسش‌ها و ایمنی و هشدار هست، کتاب آزمایشگاه علوم تجربی (۲) از چهار بخش شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی تشکیل شده است که سهم هر بخش در جدول (۱) ارائه شده‌اند.

جدول ۱. تعداد فهرست آزمایش‌ها و سهم هر یک از فصل‌ها،

بخش‌های مختلف در کتاب آزمایشگاه علوم تجربی (۲)

فصل‌ها	پیمانه	توزیع	زیست‌شناسی	زمین‌شناسی	کل (فهرست)
اول	توصیه‌های عمومی				۶
دوم	فراوانی	۷	۷	۰	۱
	درصد	۴۶/۶	۴۶/۶	۰	۶/۶
سوم	فراوانی	۸	۴	۸	۳
	درصد	۳۴/۸	۱۷/۴	۳۴/۸	۱۳
چهارم	فراوانی	۶	۱۳	۴	۴
	درصد	۲۲/۲۳	۲۴/۸	۱۴/۸	۱۴/۸

بر اساس جدول (۱) بیشترین حجم کتاب مربوط به بخش -های شیمی و فیزیک است که از عمده‌ترین تولیدکنندگان زباله شیمیایی در آزمایشگاه می‌باشند. مؤلفه‌های اصلی و فرعی مدیریت پسماند مواد با توجه به متون جمع‌بندی شد و برای تأمین پایایی ابزار اندازه‌گیری، مقوله‌ها در اختیار متخصصان حوزه برنامه‌ریزی، شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی و بهداشت قرار گرفت و ضریب توافق آن‌ها محاسبه شد که این مقدار برابر ۹۳/۴ به دست آمد.

یافته‌ها و نتایج

به‌منظور بررسی مؤلفه‌های مدیریت پسماند مواد، قسمت‌های مختلف کتاب اعم از متن، تصاویر، پرسش‌ها، ایمنی و هشدارها، مورد استفاده قرار گرفت و میزان فراوانی و درصد فراوانی هر یک از پسماندها در پنج گروه مطابق جدول زیر دسته‌بندی شد.

$$P_{ij} = \frac{F_{ij}}{\sum_{i=1}^m F_{ij}} \quad (i=1, 2, 3, \dots, m, j=1, 2, \dots, n)$$

(F فراوانی مؤلفه‌ها، P هنجارشده ماتریس فراوانی، i شماره پاسخگو، n تعداد مؤلفه، m تعداد پاسخگو، j شماره مؤلفه)

روش نرمال سازی این امکان را به ما می‌دهد که داده‌ها با معیارهای سنجش متفاوت را مقایسه کنیم و به عبارتی با یکنواخت کردن بازه مقادیر مربوط به متغیرهای مختلف داده‌ها را بهنجار کنیم.

جدول ۴. داده‌های بهنجار شده مربوط به مؤلفه‌های مدیریت پسماند مواد کتاب آزمایشگاه علوم (۲)

بخش‌ها مؤلفه‌ها	شیمی	فیزیک	زیست شناسی	زمین شناسی
حذف منبع آلودگی و جایگزینی	۰/۴۵۰	۰/۲۰۰	۰/۳۰۰	۰/۰۵۰
دفع صحیح پسماند	۰/۶۲۵	۰/۱۲۵	۰/۲۵۰	۰/۰۰۰
باز یافت و استفاده مجدد پسماند	۰/۱۸۷	۰/۵۰۰	۰/۲۵۰	۰/۰۶۳
تصفیه پسماند	۰/۶۱۵	۰/۱۵۴	۰/۲۳۱	۰/۰۰۰
استفاده در مقیاس خرد	۰/۳۷۵	۰/۱۲۵	۰/۵۰۰	۰/۰۰۰

(۲) بار اطلاعاتی هر مؤلفه با رابطه زیر محاسبه

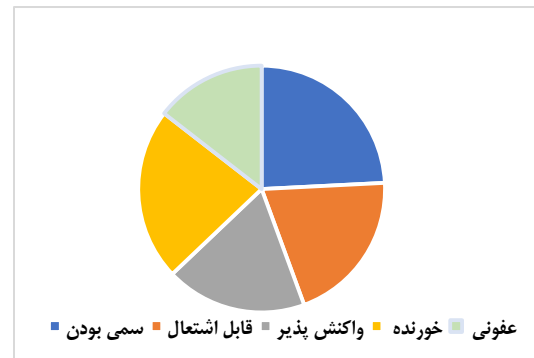
$$k = \frac{1}{\ln(m)}$$
 در جدول (۵) ثبت شد.

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m [P_i \cdot \ln P_i], K = \frac{1}{\ln m}$$

جدول ۵. بار اطلاعاتی مؤلفه‌های مدیریت پسماند مواد

بخش‌ها مؤلفه‌ها	بار اطلاعاتی E _j
حذف منبع آلودگی و جایگزینی	۰/۸۵۸
دفع صحیح پسماند	۰/۶۶۶
باز یافت و استفاده مجدد پسماند	۰/۸۵۰
تصفیه پسماند	۰/۶۶۶
استفاده در مقیاس خرد	۰/۷۰۳

تصفیه پسماند برای کاهش خطرات (۵) استفاده مواد در مقیاس خرد (میکرو) تنظیم شد و با استفاده از روش آنتروپی شانون برای تعیین ضریب اهمیت هر یک از مؤلفه‌ها و تحلیل کیفی استفاده شد.



جدول ۳. توزیع فراوانی مؤلفه‌ها مدیریت پسماند مواد کتاب آزمایشگاه علوم تجربی (۲)

بخش‌ها مؤلفه‌ها	حذف منبع آلودگی-جایگزینی	دفع صحیح پسماند	باز یافت و استفاده مجدد پسماند	تصفیه پسماند	استفاده در مقیاس خرد	رتبه
شیمی	۹	۵	۳	۸	۳	۲۸
فیزیک	۴	۱	۸	۲	۱	۱۶
زیست‌شناسی	۶	۲	۴	۳	۴	۱۹
زمین‌شناسی	۱	۰	۱	۰	۰	۲
کل	۲۰	۸	۱۶	۱۳	۸	۶۵

آنتروپی شانون به ارزیابی اهمیت مقوله‌های شناسایی شده بر اساس تعداد دفعات تکرار و فراوانی مشاهده‌شده، اشاره دارد لذا با استفاده از این الگوریتم می‌توان به استخراج درجه اهمیت هر یک از مؤلفه‌ها پرداخت برای این منظور سه مرحله زیر صورت گرفت.

(۱) از روش نرمال سازی خطی جهت بهنجار کردن داده به‌دست‌آمده، استفاده شد. مقادیر با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

منبع آلودگی و جایگزینی آن "بیشتر از میانگین و بار اطلاعاتی و ضریب اهمیت مؤلفه‌های "دفع صحیح پسماند" و "تصفیه پسماند" کمتر از میانگین است و ضریب اهمیت مؤلفه‌های "بازیافت" و "استفاده از مقیاس خرد"، در محدوده میانگین قرار دارد، نتیجه بیانگر آن است که مؤلفان به اطلاعات و مفروضات مربوط به مقوله‌های "حذف منبع آلودگی و جایگزینی آن" با مواد کم‌خطر بیشتر توجه نموده و در مورد مؤلفه‌های "دفع صحیح پسماند" و "تصفیه پسماند" بی‌توجهی شده‌اند.

نتیجه‌گیری

ایجاد فرهنگ متناسب با مدیریت پسماند مواد آزمایشگاهی در مراکز آموزشی نیاز به توجه بیشتر در کتاب‌های درسی و در آموزش‌های عملی و آزمایشگاهی دارد تا رفتارهای نامطلوب اصلاح و فرهنگ صحیح مدیریت پسماند جایگزین گردد، بر اساس یافته‌های این پژوهش کتاب آزمایشگاه علوم تجربی (۲) شامل چهار بخش شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی می‌باشد که در کل تعداد ۱۲۴ مورد است و بیشترین فراوانی پسماند مواد مربوط به بخش شیمی بوده و بعد از آن زیست‌شناسی و بهداشت سپس فیزیک و در نهایت، کمترین مربوط به بخش زمین‌شناسی است و در مجموع این موارد کمتر توسط مؤلفه‌های مدیریت پسماند پوشش داده شده‌اند لذا دانش آموزان به علت کمبود اطلاعات و نداشتن دانش کافی در برخی موارد به‌طور ضعیف عمل می‌کنند که این مسئله همسو با مطالعات توماسی و همکارانش^۱ [۱۴] بوده که تأکید کردند: فراگیران به خاطر نداشتن دانش مناسب مدیریت پسماند مواد شیمیایی، به‌طور ضعیفی عمل می‌کنند و به مراکز آموزشی توصیه می‌شود که فرهنگ پایداری و حفاظت از محیط‌زیست را مطابق با اهداف توسعه پایدار (SDG)^۲ [۱۵] در میان فراگیران علوم با تشویق آن‌ها به عملی کردن دانش خود در مورد مدیریت پسماند و حفاظت از محیط‌زیست ایجاد کنند.

مدیریت پسماند مواد در پنج مؤلفه تنظیم شد و با نظر متخصصان حوزه، ضریب توافق برابر ۹۳/۴ محاسبه شد.

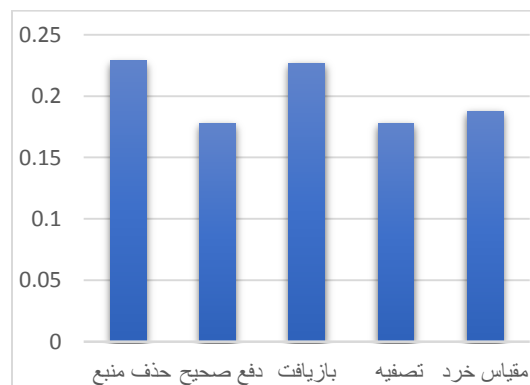
بار اطلاعاتی داده‌های فوق نشان می‌دهد که مؤلفه حذف منبع آلودگی، نسب به سایر مؤلفه‌ها دارای بار اطلاعاتی بیشتر دارد و مؤلفه‌های تصفیه پسماند برای کاهش خطرات و دفع صحیح پسماند کمترین بار اطلاعاتی را دارد.

۳) ضریب اهمیت هر مقوله (W_j) محاسبه شد. هر مقوله که دارای بار اطلاعاتی بیشتری باشد، از درجه اهمیت بیشتری برخوردار است. برای این منظور از رابطه $W_j = E_j / (\sum E_j)$ استفاده شد.

جدول ۶. ضریب اهمیت مؤلفه‌های مدیریت پسماند مواد

ضریب اهمیت مؤلفه‌ها	W_j
حذف منبع آلودگی و جایگزینی	۰/۲۲۹
دفع صحیح پسماند	۰/۱۷۸
بازیافت و استفاده مجدد پسماند	۰/۲۲۷
تصفیه پسماند	۰/۱۷۸
استفاده از مقیاس خرد	۰/۱۸۸

داده‌های جدول نشان می‌دهد که مؤلفه‌های دفع صحیح پسماند و تصفیه پسماند کمترین ضریب اهمیت و مؤلفه حذف منبع بیشترین است. به این معنی که به میزان تأثیر مؤلفه‌های دفع صحیح پسماند و تصفیه پسماند کمتر توجه شده‌است در حالی که مؤلفه حذف در تصمیم‌گیری نقش مهم‌تری ایفا می‌کند.



نمودار ۲. ضریب اهمیت مؤلفه‌های مدیریت پسماند مواد
بار اطلاعاتی بیانگر حجم معلومات مفید از یک مؤلفه و تنوع بالای اطلاعات موجود در آن است، داده‌ها نشان می‌دهد که بار اطلاعاتی و ضریب اهمیت مؤلفه "حذف

¹ Twumasi et al.

² Sustainable development goals

مراجع

- [1] Habibi L, Ahmadi P, Samadi P. Integrating the Chemistry Curriculum for Sustainable Development in the Second Cycle of Secondary Education. *Educational and Schoolastic Studies*. 2022;11(4): 493-465.
 - [2] Samiei D M, et al. A study of the educational system and teacher training in South Korea with a view to chemistry education. *Research in Chemistry Education*. 2024;7(1): 112-128.
 - [3] Vo K, Sarkar M, White P J, Yuriev E. Problem solving in chemistry supported by metacognitive scaffolding: teaching associates' perspectives and practices. *Chemistry Education Research and Practice*. 2022; 23(2):436-451.
 - [4] Alexander-White C, Metzger S, & Welton T. Global problems-global solutions. *Nachrichten aus der Chemie*. (2024); 72(2): 20-22.
 - [5] Susanti N, Fatimah S, Kurniasih N. The Learning of Science-Based Laboratory Experiments to Improve the Student's Scientific Attitudes on Optical Materials. *IOP Conf. 2018;Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1114.
 - [6] Malakootian, M. Maleki, S. and et al. (2021). Source identification, spatial distribution and ozone formation potential of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) emissions in Zarand, an industrial city of southeastern Iran. *Journal of Air Pollution and Health*, Vol 7 No 3 : 217-232
 - [7] Merlic A C, Schröder I, Kolodziej C M. Challenges of Legacy Chemicals. *ACS Chem. Health saf* 2025; 32,1:16-21.
 - [8] Goh et al, 2020
 - [9] Badrian A, Kaamiyabi Sh. Teaching and Learning Chemistry in the Laboratory. Abana Khreed Publications.2015.
 - [10] Ekins P. Zenghelis D. The costs and benefits of environmental. *Sustainability Science*. 2021;16: 949-965.
 - [11] Fazeli F, Mahdavi Ikedalo F. A study of the status of environmental content in general education science textbooks. *Journal of Environmental Science and Technology*. 2019;21(1): 227-243.
- بر اساس یافته‌های این پژوهش بار اطلاعاتی مؤلفه "استفاه در مقیاس خرد" با مقدار $E_j = 0.703$ کمترین بوده و از تنوع کمتری برخوردار می‌باشد و در مقابل مؤلفه "حذف منبع آلودگی و جایگزینی با مواد ایمن" برابر $E_j = 0.858$ در مؤلفه‌های مدیریت پسماند مواد بیشترین بوده و اشاره به این دارد که در متن کتاب درسی سعی شده آزمایش‌های طراحی شود که از مواد شیمیایی جدید با همان کار آیی قبلی ولی کم‌خطرتر استفاده شود برای مثال استفاده از حلال‌های غیر هالوژنه به جای حلال‌های هالوژنه و یا دماسنج دیجیتالی که به جای دماسنج‌های جیوه‌ای جایگزین شده است که این نتایج با یافته‌ها نتایج پژوهشی لیلار جبی [۱۶] تحت عنوان "ارزیابی مدیریت پسماند و سنجش نقش مؤلفه‌های کاربردی آن" تا حدودی هم‌خوانی دارد.
- در بررسی ضریب اهمیت هر یک از مؤلفه‌های مدیریت پسماند مواد، در کتاب علوم آزمایشگاهی (۲) بر اساس فرمول آنتروپی شانون مشخص شد که ضریب اهمیت مؤلفه "حذف منبع آلودگی و جایگزینی با مواد ایمن" برابر $W_j = 0.229$ و از سایر مؤلفه‌ها بیشتر و ضریب اهمیت مؤلفه "دفع صحیح پسماند" و "تصفیه پسماند" برابر $W_j = 0.178$ از همه کمتر است به عبارتی مؤلفین کتاب به مؤلفه‌های "دفع صحیح پسماند و تصفیه پسماند" بی‌توجهی بوده‌اند، همیشه در آزمایشگاه‌ها، مقدار زیادی پسماند مواد شیمیایی تولید می‌شود که باید با روش‌های بی‌خطر دفع یا تصفیه شوند. تخلیه این مواد در مجاری فاضلاب، دور ریختن این مواد به همراه زباله‌های معمولی، روش‌های نامناسبی برای دفع به شمار می‌روند. این زائدات منجر به آلودگی محیط‌زیست و تهدید علیه بهداشت عمومی خواهد شد. بنابراین در سیستم مدیریت پسماند نحوه دفع یا تصفیه باید بازنگری گردد.
- به‌طور مسلم توجه به مسائل مدیریت پسماند در آزمایشگاه‌های مراکز آموزشی به دلیل تأثیر عمیق آن بر محیط‌زیست شهری یک ضرورت محسوب می‌شود و بر سلامتی جامعه تأثیرگذار است، لذا پیشنهاد می‌شود در بازنگری محتوای کتاب‌های آزمایشگاه علوم، به‌طور متناسب و متوازن به همه مؤلفه‌های مدیریت پسماند توجه و دقت شود.

- [12] Solati Asl, S. Analysis and evaluation of the reflection of environmental concepts in science textbooks from the perspective of teachers in Tehran, Master's thesis in curriculum planning. 20004; University of Tabriz.
- [13] Azar, A. Development and Extension of Shannon Entropy Method for Data Processing in Content Analysis. Al-Zahra Humanities Journal. 2001;V 11, No. 37-38:1-18.
- [14] Twumasi A K, Nartey E, Quayson C, Sam A, & Hanson R. Chemistry students' knowledge and practices of chemical waste management in chemistry laboratories. African Journal of Chemical Education. 2023; 13(3):21-41.
- [15] UNDP, "Sustainable development goals" [Online]. 2020; Available: <https://www.undp.org/content/en/home/sustainable-development-goals>. [Accessed 14 May2020].
- [16] Rajabi L, Hallajian E, Ebrahimi A, Bagheri J. Waste management evaluation and assessment of the role of its applied components. International Conference on Management Challenges and Solutions. 2013;Shiraz.

Analysis of waste management components in the experimental science laboratory book based on Shannon's Entropy method

ARTICLE INFO

Article history:

Article Type: Research paper

Received: 2025 April 8

Received in revised form: 2025 June 2

Accepted: 2025 June 9

Available online: 2025 June 15

*Correspondence: sh.kam.1393@cfu.ac.ir

Keywords:

Waste management,

Content analysis,

Textbook,

Shannon's Entropy,

Experimental Science Laboratory,

ABSTRACT

The research aimed to examine the content of the science laboratory book, in terms of considering the components of waste management of materials, considering the importance of monitoring their entry into the environment. The research is of an applied type and in it, the science laboratory book of the academic year 1403-1404 was examined using the Shannon's entropy method. The items of study included texts, forms, questions and safety warnings of the book, which were examined using a content analysis checklist in five components including removal, disposal, recycling, purification and micro-scale use. The content validity was confirmed by experts and its reliability coefficient was 93.4%. The results of the study show that the highest frequency of waste is related to the chemistry sector and the lowest is related to geology, which are less covered by waste management. The importance coefficient of the component "removal" is the highest with $W_j = 0.229$ and the coefficient of the components "disposal" and "purification" is the lowest with $W_j = 0.178$. In other words, the authors paid more attention to the category of removal and gave less importance to the components of waste disposal and purification. Since paying attention to waste management issues in educational laboratories is a necessity, it is suggested that in reviewing the content of science laboratory books, in addition to removing the source of pollution, attention should be paid to all components of waste management, including waste disposal and purification methods.

Publisher: Imam Hussein University

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

© Authors



