مجله علم سنجی کاسپین
Caspian Journal of Scientometrics
p-ISSN: 2423-4710 e-ISSN: 2383-157X

STEM Education and Research Neglect in Green Chemistry Education; Research in Chemistry Education Bibliometrics

Younes Karimi Fardinpour (PhD)[1]*

1. Department of Mathematics, Ah.C., Islamic Azad University, Ahar, Iran.

Article Type:
Research Paper

Received:
8 Oct. 2025
Revised:
14 Apr. 2026
Accepted:
21 Apr. 2026
Pub. Online:
3 May 2026

ABSTRACT

Background and aim: In the twenty-year period from 2004 to 2024, only 30 articles on "Green Chemistry Education" have been published in Iran. The aim of this study is to demonstrate research neglect in green chemistry education by comparing the research activities of the journal "Research in Chemistry Education" with other journals.

Materials and methods: The statistical population includes articles published in reputable journals, obtained through a systematic review in Noor Specialized Journals Database, National Journals Database, Scientific Information Center of Jahad Daneshgahi, and Google Scholar. Then, two symmetric keyword co-occurrence matrices were formed using scientometric tools, and hierarchical clustering was performed using the within-group linkage algorithm.

Findings: The keywords "teaching strategies", "chemistry", "green chemistry", "curriculum", "environment", "experimental", "sustainable development" and "students" were the most frequent keywords in the articles on green chemistry education. 50% of articles were published in the journal "Research in Chemistry Education". Four thematic clusters were found for this journal: "content-oriented", "holistic approach", "integration" and "alignment", and four thematic clusters were found for other journals: "attitude improvement", "teaching improvement", "integration" and "research development".

Conclusion: There are some similarities and differences between the journal "Research in Chemistry Education" and other journals. Although an effort has been made to provide more effective scientific and research experiences for learners by jointly designing a curriculum based on the twelve principles of green chemistry, the main emphasis of the journal "Research in Chemistry Education" is on innovation in education and the development of green technologies. However, other journals focus on evaluating and studying the impact of green chemistry education on learners' attitudes and behaviors.

Keywords: Scientometrics, Word co-occurrence, Thematic clustering, Green chemistry education, STEM education education

Cite this article: Karimi Fardinpour Y. STEM Education and Research Neglect in Green Chemistry Education; Research in Chemistry Education Bibliometrics. *Caspian Journal of Scientometrics*. 2026; 13(1): 26-38.

© The Author(s).
Publisher: Babol University of Medical Sciences

*Corresponding Author: Younes Karimi Fardinpour
Address: Department of Mathematics, Ah.C., Islamic Azad University, Ahar, Iran.
E-mail: Younes.karimiFardinpour@iau.ac.ir

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.22088/cjs.13.1.26]

مجله علم‌سنجی کاسپین
Caspian Journal of Scientometrics
p-ISSN: 2423-4710 e-ISSN: 2383-157X

آموزش STEM و غفلت پژوهشی در آموزش شیمی سبز؛ کتاب‌سنجی پژوهش در آموزش شیمی

یونس کریمی فردین پور (PhD)[1*]

۱. گروه ریاضی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران.

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

سابقه و هدف: در بازه زمانی بیست ساله از ۱۳۸۳ الی ۱۴۰۳ تنها ۳۰ مقاله «آموزش شیمی سبز» در ایران منتشر شده است. هدف این مطالعه بیان غفلت پژوهشی در آموزش شیمی سبز با مقایسه فعالیت‌های پژوهشی مجله «پژوهش در آموزش شیمی» با سایر مجلات است.

مواد و روش‌ها: جامعه آماری این مطالعه، شامل مقالات علمی منتشرشده در مجلات معتبر است که با مرور نظام‌مند در پایگاه‌های اطلاعاتی مجلات تخصصی نورمگز، بانک اطلاعات نشریات کشور، مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی و گوگل اسکالر حاصل شده است. سپس با استفاده از ابزارهای علم‌سنجی، دو ماتریس متقارن هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها تشکیل و خوشه‌بندی سلسله مراتبی با الگوریتم پیوند درون‌گروهی انجام شده است.

یافته‌ها: کلیدواژه‌های «راهبردهای آموزش»، «شیمی»، «شیمی سبز»، «برنامه درسی»، «محیط زیست»، «تجربی»، «توسعه پایدار» و «دانش‌آموزان» پرتکرارترین کلیدواژه‌ها در مقالات تخصصی آموزش شیمی سبز بود. برای پنجاه درصد مقالات که در مجله «پژوهش در آموزش شیمی» منتشر شده است، چهار خوشه موضوع: «محتوامحوری»، «جامع‌نگری»، «یکپارچگی» و «هم‌راستایی» و برای سایر مقالات، چهار خوشه موضوع: «بهبود نگرش»، «بهبود تدریس»، «یکپارچه‌سازی» و «رشد پژوهش» یافت شد.

نتیجه‌گیری: بین مجله «پژوهش در آموزش شیمی» و سایر مجلات، اشتراک‌ها و تفاوت‌هایی وجود دارد. اگرچه به‌طور مشترک با طراحی برنامه درسی مبتنی بر اصول دوازده‌گانه شیمی سبز تلاش شده است که تجربه‌های علمی و پژوهشی موثرتری برای فراگیران فراهم شود، اما تاکید اصلی مجله «پژوهش در آموزش شیمی» بر نوآوری آموزشی و توسعه فناوری‌های سبز است. در حالی‌که سایر مجلات بر ارزیابی و مطالعه تاثیر آموزش شیمی سبز بر نگرش و رفتار فراگیران متمرکزند.

دریافت: ۱۴۰۴/۷/۱۶
ویرایش: ۱۴۰۵/۱/۲۵
پذیرش: ۱۴۰۵/۲/۱
انتشار: ۱۴۰۵/۲/۱۳

واژگان کلیدی: کتاب‌سنجی، هم‌رخدادی واژه‌ها، خوشه‌بندی موضوعی، آموزش شیمی سبز، آموزش STEM

استناد: یونس کریمی فردین پور. آموزش STEM و غفلت پژوهشی در آموزش شیمی سبز؛ کتاب‌سنجی پژوهش در آموزش شیمی. مجله علم‌سنجی کاسپین. ۱۴۰۵؛ ۱۳(۱): ۳۸-۲۶.

© The Author(s)
Publisher: Babol University of Medical Sciences

* **مسئول مقاله:** یونس کریمی فردین پور
آدرس: اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهر، گروه ریاضی.
رایانامه: Younes.karimiFardinpour@iau.ac.ir

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22088/cjs.13.1.26]

مقدمه

یکی از اهداف آموزش شیمی سبز (Green Chemistry) کاهش آلودگی‌های محیط زیست از طریق کاهش تاثیرات زیان‌بار شیمی صنعتی بر محیط زیست است (۱). با اینکه کاهش آلودگی‌های محیط زیست همواره یک هدف راهبردی برنامه‌های توسعه پنج‌ساله بوده است، این موضوع در ماده دو قانون برنامه ششم توسعه، مورد تاکید مضاعف قرار گرفته است (۲). یکی از راهکارهای مقابله با بحران‌های آب، هوا، انرژی و آلودگی‌های صنعتی، آموزش شیمی سبز است (۳). جنبش شیمی سبز با اصول دوازده‌گانه (۴)، همسو با مقابله با بحران‌های محیط زیست (۵) و مطابق اهداف هفده‌گانه توسعه پایدار (SDGs (Sustainable Development Goals)) سازمان ملل متحد (۶) است. در حال حاضر، مرور نظام‌مند (Systematic Review) و کتاب‌سنجی پژوهش‌های حوزه آموزش شیمی سبز با هدف پرکردن شکاف‌های آموزشی و پژوهشی، در سطح بین‌المللی جریان دارد (۳). در ایران تلاش‌ها برای آموزش و پژوهش در حوزه «آموزش شیمی سبز»، از حدود دو دهه قبل شروع شده است. اما تا این لحظه، مرور سیستماتیک و کتاب‌سنجی نشده است. به منظور نیل به اهدافی همچون ارزیابی فعالیت‌های پژوهشی، شناخت وضعیت موجود و مقایسه عملکرد نشریات، چنین مطالعاتی لازم است. چراکه نتایج این مطالعات، بر سیاست‌گذاری‌های کلان آموزشی و پژوهشی تأثیرگذار است (۷). حتی بر ارزیابی و انتخاب نشریات مورد علاقه خوانندگان و محققان نیز تاثیرگذار است (۸). به همین دلیل است که تعداد مطالعات کتاب‌سنجی حوزه آموزش شیمی سبز و محیط زیست درتمام دنیا در حال افزایش است (۹).

مطالعه پیشینه پژوهشی نشان می‌دهد که آموزش شیمی سنتی در حال گذار و تغییر پارادایم به سمت اصول دوازده‌گانه شیمی سبز است (۱۰). در این تغییر، آموزش شیمی سبز با تمرکز بر توسعه پایدار، بخشی از آموزش STEM است (۱۱). چراکه شیمی سبز یکی از گام‌های اصلی بشر در رسیدن به تعادل بین علوم، فناوری، مهندسی و ریاضی در تولید کالاها و خدمات با کمترین تأثیر ممکن بر اکوسیستم است (۱۲). آموزش شیمی سبز به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از آموزش STEM، به دنبال تغییر الگو از روش‌های سنتی به روش‌های متعادل و سازگار است تا بهره‌وری را به حداکثر برساند. چراکه آموزش STEM با آموزش شیمی سبز، آموزش محیط زیست و آموزش توسعه پایدار، هم‌راستا است (۱۳). به همین دلیل تحلیل‌های علم‌سنجی و کتاب‌سنجی پژوهش‌های حوزه آموزش STEM، آموزش شیمی سبز، آموزش محیط زیست و آموزش توسعه پایدار، در سال‌های اخیر به‌طور مستمر افزایش داشته است (۱۴). چرا که کتاب‌سنجی «یکی از جنبه‌های حیاتی تحلیل علمی» است (۱۵). بهره‌گیری از دانش تخصصی کتاب‌سنجی در بسیاری از گام‌های سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و اجرا، به یکی از مهم‌ترین ملزومات حوزه‌های علمی تبدیل شده است (۱۶). متاسفانه تا این لحظه، کتاب‌سنجی در حوزه آموزش شیمی سبز ایران انجام نشده است تا در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های آموزشی و پژوهشی این حوزه مورد استناد قرار گیرد.

مسئله اصلی این است که با وجود گوناگونی مجلات منتشرکننده تحقیقات حوزه آموزش شیمی سبز در ایران، روندهای پژوهشی و تمرکز موضوعی این مجلات به‌طور دقیق بررسی و مقایسه نشده‌اند. در این مطالعه، فعالیت‌های مجله «پژوهش در آموزش شیمی» با سایر مجلات مقایسه می‌شود. از هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها و خوشه‌بندی موضوعی برای تشخیص تمایزها و شباهت‌ها استفاده می‌شود. در این رویکرد پژوهشی، کلیدواژه‌ها واحدهای تحلیل برای تشخیص حوزه‌های تمرکز مجلات هستند (۱۷). هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها نشان‌دهنده وجود رابطه است. از این منظر، تحلیل هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها به تحلیل شبکه‌ای منجر می‌شود که در آن کلیدواژه‌ها به‌عنوان گره‌ها و ارتباطات بین آنها به‌عنوان یال‌ها است. این شبکه ابزار قدرتمندی برای درک خوشه‌ها و مضامین کلی پژوهش‌ها است (۱۸). در این چارچوب، تنوع کلیدواژه‌ها (Keyword diversity)، پوشش موضوعی (Topic coverage) و نزدیکی موضوعی (Topic proximity) یک مجله نسبت به سایر مجلات، نشان می‌دهد که مجله مورد مطالعه نسبت به رقبا چه گرایش‌های موضوعی و مضامین کلی دارد. فهم دقیق وجود همسانی و ناهمگونی بین مجلات در گرایش‌های موضوعی و مضامین کلی آن‌ها، کارکردهای راهبردی در تصمیم‌گیری‌های داوری و انتشار مقالات دارد. مطالعه حاضر، مقالات چاپ‌شده در نشریات علمی معتبر را از منظر شاخص‌های کتاب‌سنجی مورد بررسی قرار می‌دهد و مشخص می‌کند که نویسندگان برتر از نظر تعداد مقاله چه کسانی هستند؟ پرتکرارترین کلیدواژه‌ها در این حوزه چیست و تحلیل هم‌رخدادی کلیدواژه‌های به‌کار رفته در مقالات فارسی منجر به شکل‌گیری چه خوشه‌های موضوعی شده است؟ در همین راستا، سوالات پژوهشی زیر، هدایت این مطالعه را بر عهده داشته‌اند.

۱) در انتشار مقالات حوزه آموزش شیمی سبز ایران، کدام نشریات نقش پررنگ‌تری دارند؟
۲) در تالیف مقالات حوزه آموزش شیمی سبز، کدام نویسنده‌ها نقش پررنگ‌تری دارند؟
۳) در حمایت از پژوهش‌های آموزش شیمی سبز، کدام سازمان‌ها و دانشگاه‌ها نقش پررنگ‌تری دارند؟
۴) رویکرد رایج هم‌تألیفی در مقالات آموزش شیمی سبز چگونه است؟
۵) در مقالات منتشرشده در حوزه آموزش شیمی سبز، کدام کلیدواژه‌ها نقش پررنگ‌تری دارند؟
۶) در مقالات منتشرشده در حوزه آموزش شیمی سبز ایران، تحلیل هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها و خوشه‌بندی موضوعی چیست؟

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.22088/cjs.13.1.26]

مواد و روش‌ها

جامعه آماری، مقالات علمی حوزه آموزش شیمی سبز چاپ‌شده در نشریات معتبر فارسی طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۴۰۳ بود. در اسفندماه سال ۱۴۰۳ با مراجعه به رابط کاربری قسمت جستجوی پیشرفته در نمایه استنادی پایگاه‌های اطلاعاتی گوگل اسکالر، پایگاه اطلاعاتی علمی جهاد دانشگاهی، پرتال جامع علوم انسانی، پایگاه مجلات تخصصی نورمگز و بانک اطلاعات نشریات کشور، کلیدواژه «آموزش شیمی سبز» با مرور سیستماتیک و دستورالعمل پنج مرحله‌ای پریزمای (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)) جستجو شد. به‌طور مثال، نتیجه جستجو در بانک اطلاعات نشریات کشور ۵۲ عنوان مقاله بود. عنوان، چکیده و کلیدواژه‌های مقالات، مورد بررسی قرار گرفت تا معلوم شود که آیا مقاله مورد نظر واقعاً به «آموزش» شیمی سبز مربوط است یا نه. مقالاتی که به «کاربرد» شیمی سبز مربوط بودند و با آموزش ارتباطی نداشتند، کنار گذاشته شدند. سپس داده‌های حاصل از جستجو در تمام پایگاه‌های اطلاعاتی، وارد نرم‌افزار اکسل شد. در نهایت پس از کنار گذاشتن مقالات نامربوط و تکراری، تعداد ۳۰ مقاله انتخاب شدند. تعداد ۱۵تا از این مقالات در نشریه «پژوهش در آموزش شیمی» چاپ شده بودند. داده‌های مربوط به مقالات منتشرشده در مجله «پژوهش در آموزش شیمی» با کد onlyPASH از داده‌های مربوط به مقالات منتشرشده در سایر مجلات با کد nonPASH تفکیک شدند.

اصلاح و یکدست‌سازی برای اسامی نویسندگان مقالات، عناوین دانشگاه‌ها و کلیدواژه‌های فارسی و انگلیسی انجام شد. آمار توصیفی داده‌ها استخراج شد. تحلیل هم‌رخدادی کلیدواژگان، برای کلیدواژهای انگلیسی انجام شد تا از مشکلات احتمالی حاصل از نظر املایی و تایپی، پرهیز شود. سپس ماتریس‌های هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها با استفاده از نرم‌افزار RavarMatrix برای کدهای onlyPASH و nonPASH ساخته شد. در نهایت، خوشه‌بندی سلسه مراتبی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ برای هر یک از ماتریس‌های هم‌رخدادی، به‌طور مستقل انجام شد.

یافته‌ها

در این مطالعه با هدف تعیین مجلات برتر از نظر تعداد مقالات، تحلیل آماری نشان داد که در مجموع ۱۳ مجله فارسی در انتشار مقالات حوزه آموزش شیمی سبز نقش داشته‌اند که مجلات «پژوهش در آموزش شیمی»، «آموزش مهندسی ایران»، «فناوری آموزش» و «نوآوری‌های آموزشی» به ترتیب با فراوانی ۱۵، ۲، ۲ و ۲ مقاله، مجلات برتر بودند. بقیه مجلات، فقط یک مقاله در این زمینه منتشر کرده‌اند. جدول ۱، عنوان مجله، فراوانی و درصد فراوانی تعداد مقالات منتشرشده در هر مجله را نشان می‌دهد.

جدول ۱. عنوان مجلات، فراوانی و درصد فراوانی مقالات آموزش شیمی سبز در ایران

ردیف	عنوان مجله	فراوانی	درصد فراوانی
۱	پژوهش در آموزش شیمی	۱۵	۵۰
۲	آموزش مهندسی ایران	۲	۶/۷
۳	فناوری آموزش	۲	۶/۷
۴	نوآوری‌های آموزشی	۲	۶/۷
۵	پژوهش در نظام‌های آموزشی	۱	۳/۳
۶	پژوهش مدیریت آموزش کشاورزی	۱	۳/۳
۷	پژوهش‌های شیمی	۱	۳/۳
۸	ترویج علم	۱	۳/۳
۹	شیمی و مهندسی شیمی ایران	۱	۳/۳
۱۰	فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی	۱	۳/۳
۱۱	محیط شناسی	۱	۳/۳
۱۲	مطاعات برنامه درسی	۱	۳/۳
۱۳	مطالعات آموزشی و آموزشگاهی	۱	۳/۳
	مجموع	۳۰	۱۰۰

برای پاسخ به این سوال که وابستگی سازمانی نویسندگان مقالات حوزه آموزش شیمی سبز چیست، تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که ۵۱ نویسنده با وابستگی سازمانی به چهارده دانشگاه و وزارتخانه در تولید مقالات مشارکت داشته‌اند. اسامی دانشگاه‌ها، فراوانی و درصد فراوانی مشارکت هر دانشگاه در جدول ۲ آمده است. با توجه به این جدول، رتبه اول در تولید مقاله به دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی متعلق است که نویسنده‌ها ۱۹ بار وابستگی سازمانی به این دانشگاه را ثبت کرده‌اند. رتبه‌های بعدی به دانشگاه فرهنگیان، وزارت آموزش و پرورش، دانشگاه آزاد اسلامی و دانشگاه الزهرا به ترتیب با ۱۲، ۴، ۴ و ۲ وابستگی سازمانی اختصاص دارد. بقیه دانشگاه‌ها فقط یک بار وابستگی سازمانی داشته‌اند.

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22088/cjs.13.1.26]

جدول ۲. فراوانی و درصد فراوانی وابستگی سازمانی نویسندگان مقالات آموزش شیمی سبز در ایران

ردیف	وابستگی سازمانی نویسنده‌ها	فراوانی وابستگی سازمانی نویسنده‌ها	درصد فراوانی
۱	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی	۱۹	۳۷/۲۵
۲	دانشگاه فرهنگیان	۱۲	۲۳/۵۲
۳	آموزش و پرورش	۴	۷/۸۴
۴	دانشگاه آزاد اسلامی	۴	۷/۸۴
۵	دانشگاه الزهرا	۲	۳/۹۲
۶	دانشگاه بیرجند	۱	۱/۹۶
۷	دانشگاه تبریز	۱	۱/۹۶
۸	دانشگاه تربیت مدرس	۱	۱/۹۶
۹	دانشگاه سیستان و بلوچستان	۱	۱/۹۶
۱۰	دانشگاه صنعتی اصفهان	۱	۱/۹۶
۱۱	دانشگاه صنعتی شریف	۱	۱/۹۶
۱۲	دانشگاه علم و صنعت	۱	۱/۹۶
۱۳	دانشگاه فردوسی	۱	۱/۹۶
۱۴	دانشگاه فنی و حرفه‌ای	۱	۱/۹۶
۱۵	دانشگاه گیلان	۱	۱/۹۶
	مجموع	۵۱	۱۰۰

با هدف تعیین نویسندگان برتر از نظر تعداد مقالات، تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که از بین ۵۱ نویسنده‌ای که در شکل‌گیری ۳۰ مقاله فارسی آموزش شیمی سبز نقش داشتند، مریم صباغان، معصومه قلخانی، رسول عبداله میرزائی، زهره احمدی، لیلا حبیبی، وحید امانی و محمدرضا امام جمعه به ترتیب با مشارکت در تولید ۶، ۵، ۳، ۲، ۲ و ۲ مقاله نویسنده‌های برتر بودند. بقیه نویسندگان، فقط در تولید یک مقاله مشارکت داشته‌اند. جدول ۳، نام نویسنده‌های برتر و تعداد مقالاتشان در حوزه آموزش شیمی سبز را نشان می‌دهد.

جدول ۳. نام نویسنده‌های برتر از نظر تعداد تولید مقاله آموزش شیمی سبز در ایران

ردیف	نام نویسنده	تعداد مقالات
۱	مریم صباغان	۶
۲	معصومه قلخانی	۵
۳	رسول عبداله میرزائی	۳
۴	زهره احمدی	۲
۵	لیلا حبیبی	۲
۶	وحید امانی	۲
۷	محمدرضا امام جمعه	۲

جدول ۴، نشان می‌دهد که تعداد زیادی از پژوهشگران با مشارکت هم، مقاله تألیف کرده‌اند. در این جدول، فراوانی و درصد فراوانی تعداد مقالات با یک نویسنده، دو نویسنده و بیشتر نشان داده شده است. این جدول نشان می‌دهد که چهار مقاله (۱۳/۳ درصد کل مقالات) به صورت تک‌نویسنده تألیف شده‌اند. بیست و شش مقاله (۸۶/۶ درصد کل مقالات) با همکاری علمی میان دو پژوهشگر یا بیشتر تألیف شده‌اند. بنابراین رویکرد رایج هم‌تألیفی در مقالات آموزش شیمی سبز به‌صورت دو و سه نویسندگی با ۲۱ مقاله (۷۰ درصد کل مقالات) است. تعداد چهار مقاله (۱۳/۳ درصد کل مقالات) با الگوی چهار نویسنده و یک مقاله با الگوی پنج نویسنده (۳/۳ درصد کل مقالات) است. در کل برای ۳۰ عنوان مقاله ۷۷ نویسنده مشارکت داشته‌اند که به‌طور میانگین ۲/۵۶ نفر در نوشتن هر مقاله نقش داشتند.

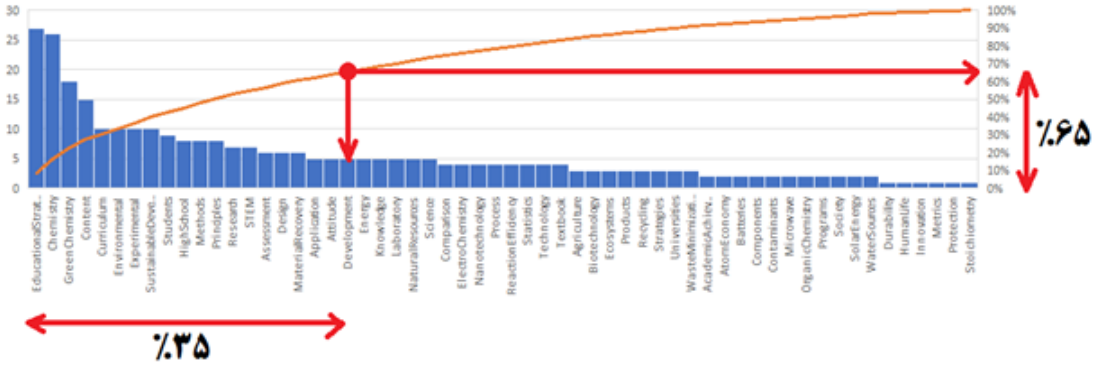
جدول ٤. تعداد و درصد مقالات با الگوی هم‌نویسندگی یک، دو، سه، چهار و پنج نویسنده

ردیف	الگوی هم‌نویسندگی	تعداد مقالات	درصد
۱	یک نویسنده	۴	۱۳/۳
۲	دو نویسنده	۱۱	۳۶/۷
۳	سه نویسنده	۱۰	۳۳/۳
۴	چهار نویسنده	۴	۱۳/۳
۵	پنج نویسنده	۱	۳/۳
	مجموع	۳۰	۱۰۰

پس از یکدست‌سازی واژه‌های کلیدی مربوط به مقالات آموزش شیمی سبز، مشخص شد که تعداد ۵۸ کلیدواژه در مجموع ۳۱۵ بار به‌کار گرفته شده است. نمودار ۱، نشان‌دهنده اصل پارتو در مورد کلیدواژگان آموزش شیمی سبز است. بررسی توزیع فراوانی کلیدواژه‌ها نشان داد که توزیع آنها به‌صورت

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.22088/cjs.13.1.26]

۳۵ درصد به ۶۵ درصد و مطابق اصل پارتو است. در واقع ۲۰ کلیدواژه از ۵۸ کلیدواژه به‌کاررفته در مقالات، ۲۰۶ فراوانی از ۳۱۵ فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند. اصل ویلفردو پارتو (Vilfredo Federico Damaso Pareto) می‌گوید که بخش کوچکی از کلیدواژه‌ها (مثلاً ۳۵٪) نشان‌دهنده بخش عمده‌ای از تکرارها (مثلاً ۶۵٪) است. در نتیجه، توجه به این کلیدواژه‌های کم‌تعداد ولی پرکاربرد، می‌تواند تاثیر چشمگیری در درک پژوهش‌های آموزش شیمی سبز در ایران داشته باشد.



نمودار ۱. نمودر پارتو از «فراوانی» و «درصد فراوانی تجمعی» کلیدواژه‌های مقالات حوزه آموزش شیمی سبز ایران

در جدول ۵، کلیدواژه‌ها بر اساس فراوانی تکرار مرتب شده‌اند. به عنوان نمونه کلیدواژه بیستم در این جدول، در پنج مقاله حضور دارد که فراوانی تجمعی تکرار آن در مقالات ۲۰۶ و درصد فراوانی تجمعی تکرار در مقالات برابر ۶۵/۴۰ است. این جدول نشان می‌دهد که در حوزه پژوهشی آموزش شیمی سبز، بیشترین فراوانی به ترتیب با کلیدواژگان «راهبردهای آموزشی»، «شیمی»، «شیمی سبز»، «محتوا»، «برنامه درسی»، «محیط زیست»، «تجربی»، «توسعه پایدار» و ... است.

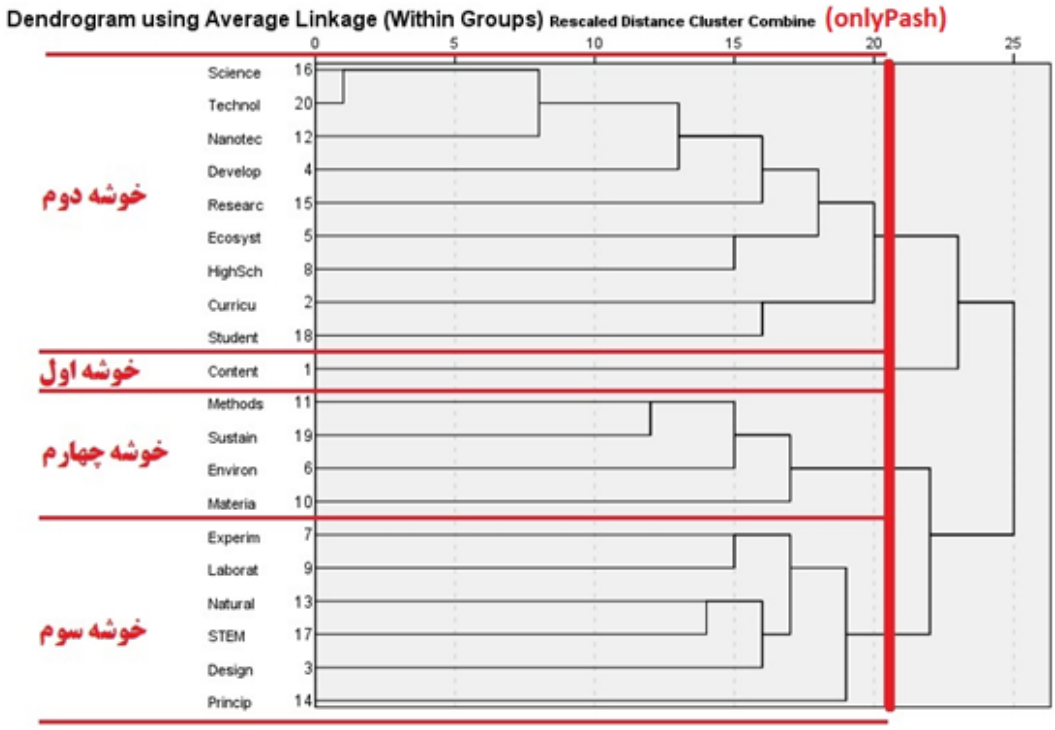
جدول ۵. جدول نزولی از فراوانی تکرار (بسامد) کلیدواژه‌ها در مقالات آموزش شیمی سبز ایران

ردیف	کلیدواژه	فراوان تکرار در مقالات	فراوانی تجمعی	درصد فراوانی تجمعی	ردیف	کلیدواژه	فراوان تکرار در مقالات	فراوانی تجمعی	درصد فراوانی تجمعی
1	EducationalStrategies	27	27	8.6	30	ReactionEfficiency	4	251	79.7
2	Chemistry	26	53	16.8	31	Statistics	4	255	81.0
3	GreenChemistry	18	71	22.5	32	Technology	4	259	82.2
4	Content	15	86	27.3	33	Textbook	4	263	83.5
5	Curriculum	10	96	30.5	34	Agriculture	3	266	84.4
6	Environmental	10	106	33.7	35	Biotechnology	3	269	85.4
7	Experimental	10	116	36.8	36	Ecosystems	3	272	86.3
8	SustainableDevelopment	10	126	40.0	37	Products	3	275	87.3
9	Students	9	135	42.9	38	Recycling	3	278	88.3
10	HighSchool	8	143	45.4	39	Strategies	3	281	89.2
11	Methods	8	151	47.9	40	Universities	3	284	90.2
12	Principles	8	159	50.5	41	WasteMinimization	3	287	91.1
13	Research	7	166	52.7	42	AcademicAchievement	2	289	91.7
14	STEM	7	173	54.9	43	AtomEconomy	2	291	92.4
15	Assessment	6	179	56.8	44	Batteries	2	293	93.0
16	Design	6	185	58.7	45	Components	2	295	93.7
17	MaterialRecovery	6	191	60.6	46	Contaminants	2	297	94.3
18	Application	5	196	62.2	47	Microwave	2	299	94.9
19	Attitude	5	201	63.8	48	OrganicChemistry	2	301	95.6
20	Development	5	206	65.4	49	Programs	2	303	96.2
21	Energy	5	211	67.0	50	Society	2	305	96.8
22	Knowledge	5	216	68.6	51	SolarEnergy	2	307	97.5
23	Laboratory	5	221	70.2	52	WaterSources	2	309	98.1
24	NaturalResources	5	226	71.7	53	Durability	1	310	98.4
25	Science	5	231	73.3	54	HumanLife	1	311	98.7
26	Comparison	4	235	74.6	55	Innovation	1	312	99.0
27	ElectroChemistry	4	239	75.9	56	Metrics	1	313	99.4
28	Nanotechnology	4	243	77.1	57	Protection	1	314	99.7
29	Process	4	247	78.4	58	Stoichiometry	1	315	100

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22088/cjs.13.1.26]

پس از تجزیه و تحلیل آماری تمام کلیدواژگان به‌کاررفته در مقالات، کلیدواژه‌های «راهبردهای آموزشی»، «شیمی» و «شیمی سبز» به دلیل اینکه در بیش از نصف مقالات حضور داشتند، کنار گذاشته شدند تا تحلیل‌های هم‌رخدادی را تحت تاثیر قرار ندهند. سپس کلیدواژگان به‌کارگرفته شده در مقالات چاپ‌شده در مجله «پژوهش در آموزش شیمی» با کد onlyPASH و کلیدواژگان به‌کارگرفته شده در مقالات چاپ‌شده در بقیه مجلات با کد nonPASH از هم تفکیک شدند. سپس برای هر کلیدواژه، میزان هم‌رخدادی با کلیدواژگان دیگر از طریق نرم‌افزار راور ماتریس با حداقل ۳ تکرار محاسبه شد. یعنی تعیین شد که هر کلیدواژه با هر یک از کلیدواژگان دیگر، چقدر حضور مشترک در مقالات دارد. در نهایت خوشه‌بندی سلسه مراتبی (Hierarchical Clustering) با استفاده از نرم‌افزار SPSS با استفاده از گزینه کلاسبندی (Classify) از منوی آنالیز (Analyze) با روش بین گروهی (Within-groups linkage) و با فاصله اقلیدسی (Euclidean distance) انجام شد. نتایج این خوشه‌بندی‌ها در نمودار ۲ و ۳ آمده است. نمودار ۲، نشانگر روابط سلسه مراتبی بین کلیدواژگان با کد onlyPASH و نمودار ۳، نشانگر روابط سلسه مراتبی بین کلیدواژگان با کد nonPASH است.



نمودار ۲. دندوگرام از خوشه‌بندی سلسله مراتبی مقالات آموزش شیمی سبز در مجله «پژوهش در آموزش شیمی»

تحلیل هم‌واژگانی کد onlyPASH مطابق نمودار ۲، منجر به شکل‌گیری چهار خوشه موضوع: «محتوا محوری»، «جامع‌نگری»، «یکپارچگی» و «هم‌راستایی» شد که خوشه‌بندی موضوعی مقالات منتشرشده در مجله «پژوهش در آموزش شیمی» را نشان می‌دهند. خوشه اول با عنوان: «محتوامحوری» تنها از کلید واژه Content تشکیل شده است. یعنی توجه به محتوای آموزشی در حوزه آموزش شیمی سبز از اهمیت به‌سزایی برخوردار است، زیرا به توسعه و بهبود فرآیندهای آموزشی کمک می‌کند و نقشه راه موثری برای تحقق اهداف این حوزه فراهم می‌سازد. هرچه پژوهش‌های بیشتر و معتبرتر در خصوص محتوای آموزشی انجام شود، می‌توان الگوهای بهتر و متناسب‌تری برای آموزش مفاهیم و اصول شیمی سبز ارائه داد. این روند باعث می‌شود آموزش شیمی سبز منسجم‌تر و اثرگذارتر شده و فراگیران بتوانند به صورت عملی و جامع با مفاهیم این حوزه آشنا شوند. در نتیجه، «محتوامحوری» نقش اساسی در توسعه پژوهش‌های حوزه آموزش شیمی سبز دارد که هدف آن ارتقاء محتوای آموزشی است.

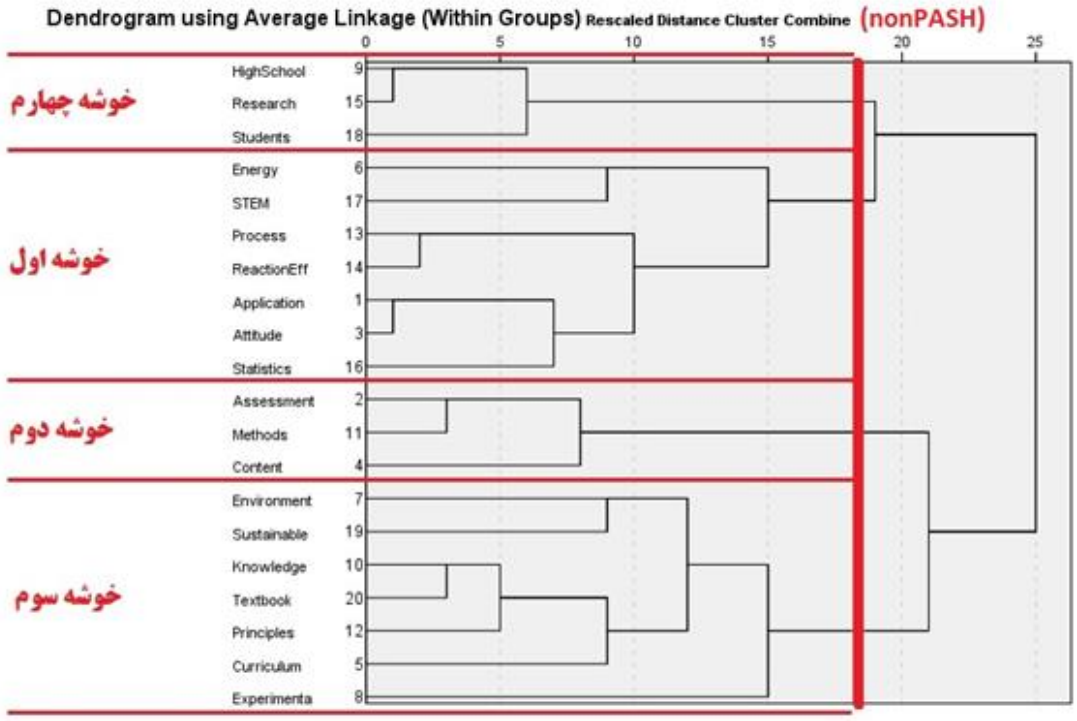
دومین خوشه با عنوان: «جامع‌نگری» از کلیدواژه‌های Curriculum، Develop، Ecosystem، High School، Nanotechnology، Research، Science، Student و Technology تشکیل شده است. این خوشه نشان می‌دهد که در حوزه آموزش شیمی سبز، تلاش‌ها به سمت ایجاد یک سیستم جامع است که با طراحی برنامه درسی را در کنار فناوری‌های نوین مانند نانوتکنولوژی قرار می‌دهد. «Develop» به معنای توسعه و «Research» نشانگر اهمیت پژوهش در نگاه جامع به این حوزه است. کلیدواژه «Ecosystem» به اهمیت اکوسیستمی اشاره دارد که هدف آن تربیت فراگیرانی است که درک جامعی از نقش شیمی سبز داشته باشند. کلیدواژه‌های «High School» و «Student» بر اهمیت جامع‌نگری در آموزش

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.22088/cjs.13.1.26]

دانش‌آموزان مدرسه و کلیدواژه‌های «Science» و «Technology» بر ابزارها و رویکردهای علمی تاکید دارند. در مجموع، کنار هم قرار گرفتن این کلیدواژگان در خوشه دوم به معنی لزوم جامع‌نگری در برنامه‌ریزی درسی با حضور فناوری برای ترویج مفاهیم شیمی سبز در مدرسه است.

خوشه سوم «یکپارچگی» با آموزش STEM را یادآوری می‌کند. کلیدواژه‌های «Design» و «Principles» به معنای طراحی راهبردهای آموزشی است که باید از اصول دوازده‌گانه شیمی سبز پیروی کنند. کلیدواژه‌های «Experimental» و «Laboratory» بر اهمیت آموزش عملی و تجربی در محیط‌های آزمایشگاهی تأکید می‌کنند. کلیدواژه «Natural» نشان می‌دهد که در آموزش شیمی سبز، باید توجه ویژه‌ای به منابع طبیعی شود. کلیدواژه «STEM» نیز نشانگر رویکردهای آموزشی چندرشته‌ای و تلفیقی است که در آن علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات نقش دارند. در کنار هم آمدن این کلیدواژگان در خوشه سوم به معنی لزوم یکپارچه شدن آموزش شیمی سبز و آموزش STEM است.

خوشه چهارم با عنوان: «هم‌راستایی» از کلیدواژه‌های Environmental، Material، Methods و Sustainable development تشکیل شده است. کلیدواژه‌های «Material» و «Environmental» بر اهمیت حفاظت از منابع طبیعی زیست‌محیطی تأکید می‌کنند. کلیدواژه «Methods» بر روش‌های حذف یا کاهش آثار منفی شیمی صنعتی تأکید دارد. در کنار این‌ها، کلیدواژه «Sustainable development» هدف نهایی است که تمامی این اقدامات به سمت آن هدایت می‌شوند. این کلیدواژگان در یک خوشه واحد نشان می‌دهند که آموزش شیمی سبز هم‌راستا با انتخاب مواد مناسب، به‌کارگیری روش‌های علمی سازگار با محیط و به ترویج فرهنگ توسعه پایدار است.



نمودار ۳. دندوگرام از خوشه‌بندی سلسله مراتبی مقالات منتشرشده در سایر مجلات

تحلیل هم‌واژگانی مقالات با کد nonPASH مطابق نمودار ۳ به شکل‌گیری چهار خوشه موضوع: «بهبود نگرش»، «بهبود تدریس»، «یکپارچه‌سازی» و «توسعه فرهنگی» انجامید که خوشه‌بندی موضوعی مقالات منتشرشده در سایر مجلات را نشان می‌دهند. خوشه اول با عنوان: «بهبود نگرش» از کلیدواژه‌های Application، Attitude، Energy، Process، Reaction، Efficiency و Statistics تشکیل شده است. این ترکیب نشان می‌دهد که بهبود نگرش به آموزش شیمی سبز، با بهبود مصرف انرژی «Energy»، بهره‌وری واکنش‌ها «Reaction Efficiency»، کاربردها «Application»، فرآیندهای شیمیایی «Process» و تحلیل آماری «Statistics» پیوندی حیاتی دارد. در کنار هم قرار گرفتن این کلیدواژه‌ها نشان می‌دهد که بدون کاربردهای عملی، بهبود بهره‌وری، کارایی بالای واکنش‌ها و تحلیل داده‌های آماری نمی‌توان به تقویت نگرش مثبت نسبت به آموزش شیمی سبز دست پیدا کرد.

خوشه دوم با عنوان: «بهبود تدریس» از کلیدواژه‌های Assessment، Content و Methods تشکیل شده است. این خوشه نشان می‌دهد که در آموزش شیمی سبز، ارزشیابی نقش کلیدی در هماهنگی بین محتوا و روش‌های تدریس دارد. کلیدواژه «Assessment» فرآیندی است که به کمک آن

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.22088/cjs.13.1.26]

میزان اثربخشی «Content» یعنی محتوای آموزشی و همچنین کارایی روش‌های تدریس «Methods» سنجیده می‌شود. همچنین، تحلیل نتایج ارزشیابی می‌تواند به تصمیم‌گیری درباره اصلاح و توسعه بیشتر «Content» و بهبود «Methods» کمک کند. ترکیب این سه مفهوم نشان می‌دهد که آموزش مؤثر در شیمی سبز نیازمند ارزشیابی مداوم است.

خوشه سوم با عنوان: «یکپارچه‌سازی» از کلیدواژه‌های Curriculum، Environment، Experimental، Knowledge، Principles، Sustainable development و Textbook تشکیل شده است که نشان می‌دهد منابع آموزشی باید با اصول شیمی سبز، مبانی علم محیط‌زیست و اهداف توسعه پایدار یکپارچه باشد. در واقع کلیدواژه «Curriculum» وظیفه یکپارچه سازی محتوا، اصول و اهداف را بر عهده دارد تا کتاب درسی، ارائه کند.

خوشه چهارم با عنوان: «توسعه فرهنگی» از کلیدواژه‌های HighSchool، Research و Students تشکیل شده است که نشان می‌دهد در آموزش شیمی سبز، مدارس در فرهنگ‌سازی برای پرورش دانش‌آموزان محقق پیشه، نقش اصلی دارند. با این پیش‌فرض که ترویج نگرش‌های پژوهشی دانش‌آموزان به مسائل زیست محیطی در مدرسه شکل می‌گیرد. کلیدواژه «Research» نشانگر اهمیت تشویق و ارتقاء فعالیت‌های پژوهشی در میان دانش‌آموزان است. در کنار هم قرار گرفتن این کلیدواژه‌ها در خوشه چهارم به معنی توسعه فرهنگی برای ایجاد یک چرخه است. این چرخه با آشنا کردن دانش‌آموزان با مفاهیم شیمی سبز در مدرسه شروع می‌شود. با فراهم کردن فرصت انجام فعالیت‌های عملی و تحقیقاتی ادامه پیدا می‌کند. تا باعث پرورش نسلی شود که نه تنها دانش، بلکه نگرش پژوهشی و مسئولیت‌پذیری زیست‌محیطی را در خود پرورش داده‌اند.

جدول ۶، کلیدواژه‌ها و خوشه‌های اصلی مقالات منتشرشده در مجله «پژوهش در آموزش شیمی» را با کد onlyPASH و کلیدواژه‌ها و خوشه‌های اصلی مقالات منتشرشده در سایر مجلات را با کد nonPASH نشان می‌دهد.

جدول ٦. کلیدواژه‌ها و خوشه متناظر هر کلیدواژه به تفکیک مقالات با کد onlyPASH و کد nonPASH

کلیدواژه‌های مشترک			کلیدواژه‌های غیرمشترک		
خوشه			خوشه		
	onlyPASH	nonPASH		onlyPASH	nonPASH
برنامه درسی	جامع‌نگری	یکپارچگی	طراحی، آزمایشگاه، طبیعی	یکپارچگی	
محیط زیست	هم‌راستایی	یکپارچگی	توسعه، اکوسیستم، نانوتکنولوژی، علوم، فناوری	جامع‌نگری	
تجربی	یکپارچگی	یکپارچگی	مواد، توسعه پایدار	هم‌راستایی	
اصول	یکپارچگی	یکپارچگی	کاربرد، نگرش، انرژی، فرآیند، تاثیربازتابی، آمار		بهبود نگرش
محتوا	محتوا محوری	بهبود تدریس	ارزشیابی		بهبود تدریس
روش‌ها	هم‌راستایی	بهبود تدریس	توسعه پایدار، کتاب، دانش		یکپارچگی
STEM	یکپارچگی	بهبود نگرش			
مدرسه	جامع‌نگری	توسعه فرهنگی			
تحقیق	جامع‌نگری	توسعه فرهنگی			
دانش‌آموزان	جامع‌نگری	توسعه فرهنگی			

همان‌طور که در جدول ۶ قابل مشاهده است، کلیدواژه‌های «محتوا»، «برنامه درسی»، «محیط‌زیست»، «تجربی»، «مدرسه»، «روش‌ها»، «اصول»، «تحقیق»، «STEM» و «دانش‌آموزان» به‌طور مشترک در هر دو ستون ظاهر شده‌اند. مشترک شدن این کلیدواژه‌ها در هر دو ستون به معنی وجود تمرکز موضوعی و اهداف مشترک بین مجله «پژوهش در آموزش شیمی» و سایر مجلات است. اشتراک در کلیدواژه‌های «محتوا» و «برنامه درسی»، نشان می‌دهد که هر دو به توسعه محتوا و تدوین برنامه درسی می‌اندیشند که با نیازهای آموزش شیمی سبز مطابقت دارد. اشتراک در کلیدواژه «محیط‌زیست»، نشان‌دهنده تلاش هر دو برای حفظ و بهبود رابطه بین محیط‌زیست و آموزش شیمی سبز است. ارجاع کلیدواژه‌های «مدرسه»، «تجربی» و «دانش‌آموزان» بر نیازهای مشترک آموزشی و پژوهشی در سطح مدرسه و آزمایشگاهی است. اشتراک در کلیدواژه‌های «اصول» و «روش‌ها» حاکی از این است که هر دو بر روش‌های تحقیقی و آموزشی برای انتقال موثر مفاهیم مرتبط با اصول دوازده‌گانه شیمی سبز پایبندند. کلیدواژه «تحقیق» نشان می‌دهد که هر دو آن‌ها هم بر جنبه‌های پژوهشی جهت توسعه راهکارهای نوین تدریس شیمی سبز و هم بر فرهنگ‌سازی برای یادگیری پروژه محور، تمرکز دارند. کلیدواژه «STEM» نشان می‌دهد که تمرکز هر دو آن‌ها بر آموزش چندرشته‌ای و اهمیت آموزش فعال و تعامل‌پذیر است.

در یک جمع‌بندی کلی از یافته‌ها، می‌توان گفت که در طول دو دهه گذشته، تنها ۱۳ مجله فارسی فعال در انتشار مقالات آموزش شیمی سبز وجود دارد که مقالات ۵۱ نویسنده با وابستگی به ۱۴ نهاد را با میانگین ۲/۵۶ هم‌تالیفی منتشر کرده‌اند. در مجموع ۵۸ کلیدواژه، ۳۱۵ بار تکرار شده‌اند که ۳۵٪ کلیدواژه‌ها، بیش از ۶۵٪ تکرارها را به خود اختصاص داده‌اند.

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22088/cjs.13.1.26]

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این مطالعه ارزیابی و مقایسه فعالیت‌های پژوهشی مجله «پژوهش در آموزش شیمی» با دیگر مجلات منتشرکننده مقالات آموزش شیمی سبز در ایران است. این مطالعه، علاوه بر کتاب‌سنجی و معرفی خوشه موضوع‌های اصلی پژوهش‌های حوزه آموزش شیمی سبز ایران، دلیلی بر وجود غفلت پژوهشی در این حوزه است. یکی از نتایج مطالعه حاضر، مشابه نتایج مطالعات بین‌المللی از قبیل (۲۱–۱۹) نشان می‌دهد که کلیدواژه‌های به کار رفته در مقالات حوزه آموزش شیمی سبز از قانون پارتو تبعیت می‌کنند و پرتکرارترین کلیدواژه‌ها شامل «آموزش شیمی»، «محیط زیست» و «توسعه پایدار» است. علاوه بر این، خوشه‌بندی سلسله مراتبی کلیدواژه‌ها نشان می‌دهد که برای مقالات منتشرشده در مجله «پژوهش در آموزش شیمی» چهار خوشه: «محتوا محوری»، «جامع‌نگری»، «یکپارچگی» و «هم‌راستایی» و برای مقالات منتشرشده در سایر مجلات چهار خوشه: «بهبود نگرش»، «بهبود تدریس»، «یکپارچگی» و «توسعه فرهنگی» وجود دارد.

کلیدواژه‌های مشترک در جدول ۶ نشان می‌دهند که هم مقالات منتشرشده در مجله «پژوهش در آموزش شیمی» و هم مقالات منتشرشده در سایر مجلات، از طریق پیشنهاد برنامه‌های درسی ویژه و رویکردهای آموزش مبتنی بر تجربه‌های عملی، فراگیری شیمی سبز را به شکل موثری پیش می‌برند. مطالعه پیشینه پژوهشی نیز نشان می‌دهد که در مجلات انگلیسی زبان نیز، عمدتاً دسته‌بندی‌های مشترک وجود دارد (۱۹ و ۲۰).

جدول ۶ علاوه بر کلیدواژه‌های مشترک، کلیدواژه‌های غیرمشترک را نیز فهرست کرده است. با نگاهی به این جدول، مشخص می‌شود که مقالات منتشرشده در مجله «پژوهش در آموزش شیمی» بیشتر بر طراحی و توسعه مواد و فناوری‌هایی مانند نانوتکنولوژی، علوم طبیعی و فناوری‌های پایدار تمرکز دارند. کلیدواژه‌هایی مانند «طراحی»، «توسعه»، «اکوسیستم»، «آزمایشگاه»، «مواد»، «نانو تکنولوژی»، «علم»، «پایداری» و «فناوری» نشان می‌دهند که بخشی از اهداف مقالات منتشرشده در مجله «پژوهش در آموزش شیمی» با جنبه‌های نوآوری، توسعه فناوری‌های سبز و پیاده‌سازی آن‌ها در آزمایشگاه مرتبط است. در حالی‌که مقالات منتشرشده در سایر مجلات، بیشتر بر ارزشیابی نگرش فراگیران تمرکز دارند. کلیدواژه‌هایی مانند «کاربرد»، «ارزشیابی»، «نگرش»، «دانش»، «فرآیند»، «تاثیر بازتابی»، «کتاب»، «توسعه پایدار» و «انرژی» نشان می‌دهد که بخشی از اهداف این مقالات سنجش اثرات آموزشی مرتبط با نگرش‌ها است. در حالت کلی، مقالات منتشرشده در مجله «پژوهش در آموزش شیمی» بر توسعه فناوری‌های سبز و نوآوری‌های علمی در حوزه آموزش تمرکز دارند. در حالی‌که مقالات منتشرشده در سایر مجلات بر ارزشیابی، کاربرد و مطالعه نگرش و رفتار دانش‌آموزان متمرکزند.

توجه به نگرش و رفتار فراگیران، در اسناد سازمان‌های بین‌المللی نیز وجود دارد. سازمان یونسکو سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ را دهه آموزش برای توسعه پایدار نامیده است. این سند که به اهداف هفده‌گانه توسعه پایدار معروف است، می‌خواهد تضمین کند که تا سال ۲۰۳۰ همه فراگیران، دانش و مهارت‌های مورد نیاز برای ترویج توسعه پایدار را کسب می‌کنند. در این بین، یکی از مهم‌ترین رشته‌هایی که می‌تواند به ترویج توسعه پایدار کمک کند، رشته شیمی سبز است (۳). چراکه شیمی سبز بر اساس اصول دوازده‌گانه‌اش به ترویج پایداری می‌پردازد (۲۱). البته بین «اصول دوازده‌گانه شیمی سبز» و «اهداف هفده‌گانه توسعه پایدار» ارتباط معنی‌داری وجود دارد (۱۳). چون وجود این ارتباط اهمیت آموزشی و پژوهشی دارد، مطالعات کتاب‌سنجی در این حوزه رو به افزایش است (۹–۷).

مشابه نتایج مطالعه حاضر که در جدول‌های ۱ تا ۴ خلاصه شده است، پیشینه پژوهشی نیز نویسندگان، دانشگاه‌ها و کشورهای پیشرو در این حوزه را معرفی کرده است. علاوه بر این، نمودار ۱ و جدول ۵ نشان دادند که چه کلیدواژه‌هایی در مقالات بیشتر به‌کار رفته‌اند. به‌طور مشابه Laurensia (۱۹) گزارش داده است که کلیدواژه‌های «شیمی سبز» و «آموزش» بیشترین فراوانی تکرار را دارند. کشورهای کانادا و آلمان در این حوزه پیشتاز هستند. یافته‌های مطالعه حاضر هم‌راستا با مطالعه Irfani (۲۲) است که نشان می‌دهد یکی از خوشه موضوع‌های اصلی، هم‌راستایی با «توسعه پایدار» است. همانطور که در مطالعه Medina و همکاران (۱۴) گزارش شده است فراوانی استفاده از کلیدواژه‌های «حلال‌های سبز» و «آموزش توسعه پایدار» به‌طور مداوم در حال افزایش است. نتایج مطالعات بین‌المللی نشان می‌دهد که آمریکا پیشرو در انتشار پژوهش‌هایی در این حوزه است که بر آموزش STEM تاکید دارند و همکاری‌های فعال بین محققان سایر کشورها با این کشور دیده می‌شود (۲۳). با اینکه آموزش STEM در پژوهش‌های منتشرشده به زبان فارسی، مورد توجه قرار گرفته است و همکاری بین محققان وجود دارد، اما نشانه‌هایی از وجود همکاری‌های فعال بین محققان ایرانی و سایر کشورها دیده نشد.

مطالعات کتاب‌سنجی در سطح بین‌المللی نشان می‌دهد که خوشه‌بندی‌های موضوعی عمدتاً به نتایج مشابه می‌رسند. به‌طور مثال خوشه‌های «تغییرات اقلیمی»، «توسعه پایدار»، «آموزش محیط‌زیست»، «دانش‌آموزان»، «مدارس»، «یادگیری‌عملی»، «اخلاق زیستی»، «شیمی آلی» و «رفتار» در پژوهش‌های تمام کشورها بیشتر دیده می‌شوند (۲۰). علاوه بر این در مطالعه Pabuçcu-Akış (۲۴) با تحلیل مقالات منتشرشده بین ژانویه ۲۰۱۴ تا ژوئن ۲۰۲۴ در پایگاه داده اسکاپوس نشان داده است که استفاده از فناوری‌های آموزشی رو به افزایش است و مقالات حوزه آموزش شیمی سبز، اغلب در ۱۳ نشریه، با مشارکت ۱۲۳ نویسنده با متوسط ۴/۳۳ هم‌نویسندگی در هر مقاله، منتشر شده‌اند. پانزده درصد کلیدواژه‌ها بیشترین تکرار را داشته‌اند و پرکاربردترین کلیدواژه‌ها عبارتند از «شیمی آلی»، «دانشجو»، «یادگیری عملی»، «یادگیری مبتنی بر رایانه»، «مدل‌سازی مولکولی»، «یادگیری چندرسانه‌ای»، «مقطع فوق‌لیسانس» و «واقعیت مجازی». البته، مطالعه Nuswowati و همکاران (۲۵) نشان می‌دهد که «مکانوشیمی» و «فوتوشیمی» روندهای نوظهور این حوزه هستند. هرچند که این مطالعه نشان می‌دهد در حوزه آموزش شیمی سبز ایران، از این روندهای نوظهور خبری نیست.

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22088/cjs.13.1.26]

مطالعه پیشینه پژوهشی نشان می‌دهد که یکی از علاقمندی‌های بین‌المللی حوزه آموزش شیمی سبز، مشخص کردن سهم مجلات در انتشار تحقیقات این حوزه است (۱۹). در این مقاله، جدول ۱ نشان داد که فقط سیزده مجله فارسی در انتشار مقالات حوزه آموزش شیمی سبز نقش دارند که مجله «پژوهش در آموزش شیمی» از نظر تعداد، برترین است. علاوه بر این، جدول ۴ نشان داد که میانگین هم‌تالیفی ۲/۵۶ نفر در هر مقاله است که از نرخ هم‌تالیفی گزارش شده توسط Laurensia (۱۹) با میانگین ۴/۳۳ پایین‌تر است. نمودار ۱ نیز هم‌راستا با نتایج گزارش شده در مطالعه Laurensia (۱۹) نشان داد که کلیدواژه‌های کم‌تعداد ولی پرکاربردی در مقالات آموزش شیمی سبز ایران وجود دارند که در تحلیل کلیدواژه‌ها تاثیر چشمگیری دارند. چراکه از اصل پارتو تبعیت می‌کنند.

تعداد مطالعات کتاب‌سنجی آموزش شیمی سبز با هدف شناخت وضعیت مجلات و تحلیل روندهای تحقیقاتی آن‌ها در سراسر دنیا در حال افزایش است. به طور مثال Pabuçcu-Akış (۲۴) و Nuswowati و همکاران (۲۵) به‌طور مستقل در سال ۲۰۲۴ و Chang و همکارانش (۲۰) در سال ۲۰۲۱ به تحلیل هم‌رخدادی واژه‌ها و خوشه‌بندی موضوعی مقالات آموزش شیمی سبز پرداخته‌اند. اما تا این لحظه مطالعه کتاب‌سنجی در حوزه آموزش شیمی سبز ایران صورت نگرفته بود. نتایج این مطالعه می‌تواند بینش مناسبی از حوزه آموزش شیمی سبز و ساختار فکری در این حوزه ارایه کند. علاوه بر این، نتایج پژوهش حاضر برای محققان و سیاست‌گذاران مفید است. البته باید خاطر نشان شد که در حوزه «کاربرد» شیمی سبز پژوهش‌های قابل توجهی به زبان فارسی منتشر شده است، اما حوزه «آموزش» شیمی سبز مورد غفلت واقع شده است. در واقع در این مطالعه، از کتاب‌سنجی به‌عنوان ابزار و روشی مفید برای تحلیل پژوهش‌های حوزه «آمورش شیمی سبز» استفاده شد تا روندها و گرایش‌های این حوزه در ایران رصد شود. خوشه موضوعات پرطرفدار و متوسط هم‌تالیف‌ها به‌منظور فهم دانش در این حوزه مشخص شد. ارائه چنین دانشی برای تدوین اولویت‌های پژوهشی، تخصیص بودجه، تعیین فهرست نشریات معتبر و ارزیابی اثربخشی سیاست‌های آموزشی و پژوهشی گذشته و پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های سیاست‌گذاری آینده مفید است. علاوه براین، شناسایی شکاف‌های دانشی این حوزه، پیدا کردن خوشه‌هایی که کم‌کاربرد یا کم‌مطالعه هستند و فرصت‌های سرمایه‌گذاری پژوهشی به دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و خوانندگان در انتخاب منابع معتبر برای استفاده یا ارجاع داده شد.

واقعیت این است که در تمام دنیا، آموزش شیمی سنتی در مسیر گذار به آموزش شیمی سبز است تا با اصول دوازده‌گانه و اهداف هفده‌گانه توسعه پایدار همسو باشد؛ به‌طوری‌که بخشی از آموزش STEM به‌شمار آید. هدف این تغییر، کاهش تأثیرات منفی بر محیط زیست و به حداکثر رساندن بهره‌وری است. به همین دلیل است که در سال‌های اخیر، تحلیل‌های علم‌سنجی و کتاب‌سنجی، رشد داشته است. چرا که علم‌سنجی و کتاب‌سنجی، ابزاری کلیدی در سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌های آموزش و پژوهشی در سطح ملی و فراملی است. این مقاله گزارشی از اولین تلاش برای کتاب‌سنجی حوزه آموزش شیمی سبز ایران است. دغدغه اصلی این گزارش، مقایسه عملکرد مجله «پژوهش در آموزش شیمی» با سایر نشریات به کمک ابزارهای کتاب‌سنجی از قبیل تعداد مقالات، تعداد نویسندگان، میانگین هم‌تالیفی، وابستگی سازمانی، هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها و خوشه‌بندی موضوعی برای تشخیص تفاوت‌ها و شباهت‌ها است. یکی از نتایج مهم این است که حوزه «آموزش شیمی سبز» در ایران نیازمند پژوهش‌های بیشتری است. به عنایت به کمبود پژوهش در حوزه «آموزش شیمی سبز» در ایران، پیشنهادهای پژوهشی زیر وجود دارد.

لازم است که شکاف‌های پژوهشی در «آموزش شیمی سبز» ایران در یک جامعه آماری گسترده‌تر، علم‌سنجی و کتاب‌سنجی شود. آیا شکاف‌های پژوهشی موجود در «آموزش شیمی سبز» ایران با سایر کشورها و ژورنال‌ها متفاوت است؟ هدف شناسایی روندهای موضوعی پرتکرار و کم‌تکرار در منابع فارسی و مقایسه آن با روندهای موجود جهانی است. بر اساس رویه‌های مطرح جهانی، بهتر است تاثیر مداخلات آموزشی با طراحی مطالعات تجربی و داده‌های کیفی انجام شود. ارزش چنین پژوهشی می‌تواند ارائه شواهدی برای بهبود تدریس و حتی ترغیب به پیاده‌سازی رویکردهای نوین در آموزش شیمی سبز باشد.

چه تفاوت‌هایی در رویکردهای آموزشی، رویکردهای پژوهشی و سطح نوآوری میان مجلات ایرانی و ژورنال‌های غیر ایرانی وجود دارد؟ با تحلیل محتوای کیفی یا کمّی به توصیه‌های راهبردی برای رشد مجلات ایرانی می‌رسیم. لازم است که سطح آگاهی و رفتار محیطی دانش‌آموزان و دانشجویان ایرانی نسبت به اصول دوازده‌گانه شیمی سبز تحلیل شود. سطح آگاهی و رفتارهای زیست محیطی فراگیران، چگونه تغییر می‌کنند و چه عواملی بر آن تأثیرگذارند؟

ملاحظات اخلاقی: در این پژوهش، مسائل اخلاقی به‌طور کامل رعایت شده است.

تضاد منافع: نویسنده اعلام می‌نماید هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص این پژوهش وجود ندارد.

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22088/cjs.13.1.26]

References

1. Sheldon RA, Brady D. Green Chemistry, Biocatalysis, and the Chemical Industry of the Future. ChemSusChem. 2022; 15(9): e202102628.
2. Rezaee M, Naderi F, Hosseinzadeh M. Assessment of the Country's Development Plans in the Field of Environment and Providing Strategies for the Seventh Plan. Majlis & Rahbord. 2023; 30(115): 335–74. Available at: https://nashr.majles.ir/article_9628.html?lang=en [In Persian]
3. Aydin Gunbatar S, Ekiz Kiran B, Boz Y, Oztay ES. A systematic review of green and sustainable chemistry training research with pedagogical content knowledge framework: current trends and future directions. Chem Educ Res Pract. 2025; 26(1): 34-52.
4. Anastas PT, Warner JC. Green Chemistry: Theory and Practice [Internet]. Oxford University PressOxford; 2000 [cited 2025 Oct 8]. Available from: https://academic.oup.com/book/53104.
5. Ganesh KN, Zhang D, Miller SJ, Rossen K, Chirik PJ, Kozlowski MC, et al. Green Chemistry: A Framework for a Sustainable Future. Environ Sci Technol. 2021; 55(13): 8459-63.
6. Carlsen L, Bruggemann R. The 17 United Nations' sustainable development goals: a status by 2020. Int J Sustain Dev World Ecol. 2022; 29(3): 219-29.
7. Uyar A, Kuzey C, Kilic Karamahmutoglu M. Macroeconomic factors, R&D expenditure and research productivity in economics and finance. Managerial Finance. 2022; 48(5): 733-59.
8. Haghani M. What makes an informative and publication-worthy scientometric analysis of literature: A guide for authors, reviewers and editors. Transp Res Interdiscip Perspect. 2023; 22: 100956.
9. Li B, Eilks I. A systematic review of the green and sustainable chemistry education research literature in mainland China. Sustain Chem Pharm. 2021; 21: 100446.
10. Anastas P, Eghbali N. Green Chemistry: Principles and Practice. Chem Soc Rev. 2010; 39(1): 301-12.
11. Karpudewan M, Ismail Z, Roth WM. Ensuring sustainability of tomorrow through green chemistry integrated with sustainable development concepts (SDCs). Chemistry Education Research and Practice. 2012; 13(2): 120-7.
12. Kanapathy S, Lee KE, Mokhtar M, Syed Zakaria SZ, Sivapalan S. A framework for integrating sustainable development concepts into the chemistry curriculum towards achieving education for sustainable development in Malaysia. Int J Sustain High Educ. 2021; 22(6): 1421-49.
13. Zuin VG, Eilks I, Elschami M, Kümmerer K. Education in green chemistry and in sustainable chemistry: perspectives towards sustainability. Green Chem. 2021; 23(4): 1594-608.
14. Medina Valderrama CJ, Morales Huamán HI, Valencia-Arias A, Vasquez Coronado MH, Cardona-Acevedo S, Delgado-Caramutti J. Trends in Green Chemistry Research between 2012 and 2022: Current Trends and Research Agenda. Sustainability. 2023; 15(18): 13946.
15. Lai WF, Fong M. Use of comparative research in the study of chemistry education: A systematic analysis of the literature. Heliyon [Internet]. 2024 Jan 15 [cited 2025 Oct 7]; 10(1): e22881.
16. Noroozi Chakoli A. Note from the Editor-in-Chief: Mastery of Regulations and Upstream Documents: The Key to the Success of Scientometrics Specialists in the Scientific System. Scientometr Res J. 2025; 11(21): 1-2.
17. Soleymani Rad V, Karimi Fardinpour Y, Behzadi MH, Shahvarani Semnani A. Drawing a Scientific Map and Analyzing the Co-occurrence Network of Master's Dissertations and Doctoral Theses in

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22088/cjs.13.1.26]

Mathematics Education at Iranian Universities. Scientometr Res J. 2025; 11(21): 235-60. Available at: https://rsci.shahed.ac.ir/article_4630.html?lang=en [In Persian]
18. Soleymani Rad V, KarimiFardinpour Y, Behzadi MH, Shahvarani Semnani A. Quantitative evaluation and thematic analysis of master's dissertations and doctoral theses in mathematics education at Shahid Rajaee University and Islamic Azad University, Tehran Science and Research Branch, from 2003 to 2022. Scientometr Res J. 2025; 11(22): 115-50. https://rsci.shahed.ac.ir/article_4692.html [In Persian]
19. Laurensia L. Global Trends Research and Application of Green Chemistry and Education: A Bibliometric Analysis (1994–2023). J Educ Sustain Dev Stud. 2024; 1(1): 28-40.
20. Nuswowati IC, Yu TK, Chang YJ, Yu TY. Applying Text Mining, Clustering Analysis, and Latent Dirichlet Allocation Techniques for Topic Classification of Environmental Education Journals. Sustainability. 2021; 13(19): 10856.
21. Aubrecht KB, Bourgeois M, Brush EJ, MacKellar J, Wissinger JE. Integrating Green Chemistry in the Curriculum: Building Student Skills in Systems Thinking, Safety, and Sustainability. J Chem Educ. 2019; 96(12): 2872-80.
22. Irfani F. Green Chemistry in Education: A Bibliometric Study and Research Trends (2002–2022). J Educ Sustain Dev Stud. 2024; 1(1): 1-14.
23. Nik Hassan NMH, Talib O, Shariman TP, Rahman NA, Zamin AAM. A Bibliometric Analysis on How Organic Chemistry Education Research Has Evolved Collaboratively Over Time. J Pendidik IPA Indones. 2022; 11(1): 73-90.
24. Pabuçcu-Akış A. Using innovative technology tools in organic chemistry education: bibliometric analysis. Chem Teach Int. 2025; 7(1): 141-56.
25. Nuswowati M, Harjito H, Jabbar A, Taufiq M. Bridging ESD Competencies in Environmental Chemistry Learning: A Decadal Bibliometric Analysis. In: Khoerunnisa F, Yuliani G, Zakwandi R, editors. Proceedings of the 9th Mathematics, Science, and Computer Science Education International Seminar (MSCEIS 2023) [Internet]. Paris: Atlantis Press SARL; 2024 [cited 2025 Oct 8]. p. 280–92. (Advances in Social Science, Education and Humanities Research; vol. 860). Available from: https://www.atlantis-press.com/doi/10.2991/978-2-38476-283-5_27

[Downloaded from cjs.mubabol.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22088/cjs.13.1.26]