



مطالعه کتاب‌سنجی آلودگی خردپلاستیک‌ها در محیط‌های دریایی

امیر قاضی‌لو^{*۱}

۱- نویسنده مسئول: استادیار، زیست‌شناسی دریا، پژوهشکده علوم اقیانوسی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، چابهار، ایران، ایمیل:

amir.ghazilou@inio.ac.ir

چکیده

پیشینه و هدف: خردپلاستیک‌ها به‌عنوان جزء اصلی پسماندهای جامد تجمع‌یافته در محیط‌های دریایی مطرح هستند. خبرنامه آلودگی دریا یکی از نشریه‌های پیشرو در خصوص دانش آلودگی دریا در جهان می‌باشد. این مطالعه یک مرور کتاب‌سنجی از مقالات پژوهشی منتشرشده در این خبرنامه را ارائه می‌دهد.

مواد و روش‌ها: مشخصات ۱۱۳۸ مقاله (در دوره زمانی ۲۰۲۳-۲۰۱۳ میلادی) از پایگاه داده اسکوپوس الزویر استخراج و بررسی گردید و شاخص‌های همکاری، بهره‌وری، استنادسنجی و تحلیل موضوعی برای علم سنجی و کتاب‌سنجی مقاله‌ها در هر سال استفاده شد.

نتایج و بحث: پژوهش‌گرانی از ۱۰۰ کشور جهان در مقالات منتشرشده در این نشریه مشارکت داشته‌اند. نرخ رشد سالانه بهره‌وری نشریه از ۰/۰۱ تا ۰/۸۷ متغیر بوده است و در سال‌های ۲۰۲۰- داشته‌اند. زمان دوبرابرشوی به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته است. میانگین تعداد استناد دریافتی به ازای هر مقاله در دوره مطالعه ۱۲۶/۴ واحد بود. پتانسیل پژوهش محقق شده نیز تقریباً در تمام سال‌ها به حداکثر رسیده است. این مطالعه نشان می‌دهد که پژوهش‌های خردپلاستیک در محیط‌های دریایی با وجود رسیدن به بلوغ در همکاری‌های علمی و تولید دانش، با چالش‌هایی مثل فقدان استانداردسازی، تمرکز جغرافیایی نامتوازن و شکاف عمیق بین پژوهش‌های نظری و راه‌حل‌های کاربردی روبرو هستند.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۶/۶

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۴/۸/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۹/۱

واژگان کلیدی:

پلاستیک، آلاینده، بوم‌سازگان، داده‌کاوی

Bibliometric Study of Microplastic Pollution in Marine Environments

A. Ghazilou^{1*}

1. Corresponding Author, Faculty of Ocean Sciences, Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science, Iran. E-mail: amir.ghazilou@inio.ac.ir

Article type:

Full Length Research Paper

Article history:

Received: 8/28/2025

Revised: 11/02/2025

Accepted: 11/22/2025

Keywords

plastic, pollutant, ecosystem, text mining

Abstract

Background and Objectives: Microplastics are considered a major component of accumulated solid waste in marine environments. The Marine Pollution Bulletin is one of the world's leading journals in the field of marine pollution science. This study provides a bibliometric review of research articles published in this journal.

Materials and Methods: A total of 1,138 articles (from the period 2013-2023) were extracted and examined from the Elsevier Scopus database. Collaboration indicators, productivity metrics, citation analysis, and thematic analysis were utilized for scientometric and bibliometric assessment of the articles for each year.

Results and Discussion: Researchers from 100 countries have contributed to articles published in this journal. The annual growth rate of the journal's productivity ranged from 0.01 to 0.87, showing a significant increase during the 2020-2021 period of doubled peer review activity. The average number of citations per article during the study period was 126.4. The realized research potential also reached its maximum in almost all years. This study reveals that despite reaching maturity in scientific collaboration and knowledge production, microplastic research in marine environments faces challenges such as lack of standardization, uneven geographical concentration, and a significant gap between theoretical research and practical solutions.



۱- مقدمه

در دهه های اخیر، فعالیت انسانی یا صنعتی منجر به تولید مقادیر زیادی پسماند جامد غیرقابل بازیافت شده است و این مقادیر در کشورهای مختلف متفاوت است [۱-۳]. در یک نگاه عمومی، پلاستیک ها به عنوان جزء اصلی پسماندهای جامد پخش شده و تجمع یافته در محیط های طبیعی مطرح هستند؛ به نحوی که بیش از ۵۰ درصد از قطعات پسماند مشاهده شده در رسوبات ساحلی، ستون رسوبات بستر اقیانوس ها از جنس پلاستیک هستند [۴-۶]. نخستین گزارش از آلودگی پلاستیک ها در اقیانوس ها در دهه ۱۹۷۰ میلادی منتشر گردید. در چند دهه اخیر، مطالعات مربوط به این نوع از آلودگی، به ویژه آلودگی و آلاینده های خردپلاستیک ها، به بخش مهمی از پژوهش های دریایی تبدیل شده اند. خردپلاستیک ها به ذراتی اطلاق می شوند که اندازه آن ها کمتر از ۵ میلی متر است [۷]. این ذرات می توانند به صورت هدفمند در اندازه میکروسکوپی تولید شوند یا به صورت ثانویه و در اثر تجزیه ذرات بزرگ تر ایجاد شوند [۸]. طبق تعریف، آلاینده های به ورود مواد انسان ساخت به محیط زیست اطلاق می شود و میزان/تعداد این مواد معیار مستقیمی برای سنجش آن است؛ در حالی که آلودگی به تغییرات زیستی و پاسخ موجودات زنده نسبت به این مواد اشاره دارد [۹]. گونه های مختلف آبزیان ساکن در سطح/ستون آب و کفزیان شامل بی مهره ها، ماهیان، لاک پشت های دریایی، پستانداران دریایی و پرندگان دریایی ممکن است خردپلاستیک ها را به صورت تصادفی و یا به همراه غذای مصرفی ببلعند. ورود این ذرات به بدن می تواند اثرات منفی عمده ای بر رشد، تولیدمثل، کاراندازشناسی و سلامت جانوران دریایی داشته باشد [۱۰-۱۳]. مطالعات مرتبط با آلودگی/آلاینده های خردپلاستیک ها در محیط های دریایی، دارای ابعاد پیچیده و چندگانه ای هستند. بیشتر پژوهش ها بر ارزیابی و پایش چگالی/ فراوانی ذرات و شاخص های ریختی آنها در محیط های دریایی یا آبزیان تمرکز دارند. برخی از تحقیقات نیز به بررسی اثرات احتمالی اولیه و ثانویه زیان آور خردپلاستیک ها بر جانوران گیاهان دریایی می پردازند. نتایج مطالعات علم سنجی پیشین حاکی از رشد بالقوه پژوهش های مربوط به سنجش و کنترل آلودگی

خردپلاستیک ها می باشد. به عنوان مثال در مطالعه ای که به واکاوی بیش از ۲۰۰۰ مقاله پژوهشی در ۱۰ سال اخیر پرداخته است چین و آمریکا به عنوان کشورهای پیش تاز در این مطالعه معرفی شدند و مجله علم برای کل محیط پیرامون (*Science of the Total Environment*) به عنوان پر تولیدترین مجله شناسایی شد [۱۴]. نتایج پژوهشی دیگر نشان می دهد که تعداد مقاله های منتشر شده در حوزه خردپلاستیک ها در محیط های آبی در فاصله زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ میلادی از دو مقاله به بیش از ۲۰۰ مقاله رسیده است [۱۵]. نتایج مطالعه اخیر نیز نشان می دهد که افزایش بهره وری در حوزه پژوهش های مرتبط با آلاینده های خردپلاستیک ها در محیط های دریایی از سال ۲۰۱۱ میلادی سرعت گرفته است [۱۶]. بر اساس نتایج مطالعه ای دیگر، خبرنامه آلودگی دریا مجله ای پیشتاز درانتشار مقاله های مربوط به آلودگی خردپلاستیک ها به شمار می آید [۱۷]. علاوه بر تأثیرات مستقیم زیستمحیطی و سمی شناسی، آلودگی خردپلاستیک ها در محیط های دریایی می تواند تأثیرات غیرمستقیم قابل توجهی بر حوزه های زیست فناوری دریا و تولید محصولات بیوتکنولوژیک داشته باشد. مطالعات نشان می دهند که خردپلاستیک ها می توانند به عنوان بستری برای تجمع میکروب های بیماری زا یا تغییر در شبکه های همزیستی میکروبی عمل کنند که این امر می تواند بر فرآیندهای تخمیر، تولید بیوسورفکتانت ها و سایر فرآورده های زیستی دریایی تأثیر منفی بگذارد [۱۸].

خبرنامه آلودگی دریا^۱ با شاپا برخط: ۱۸۷۹-۳۳۶۳ یکی از مجله های برجسته در حوزه تحقیقات آلودگی دریایی است [۱۹]. این مجله نخستین بار در سال ۱۹۷۱ منتشر شده و در حال حاضر به صورت ترکیبی توسط انتشارات الزویر^۲ چاپ می شود. شش نوع مقاله از جمله مقالات پژوهشی، مرورها، مقالات پایه ای، مقالات کوتاه و چشم اندازها در این مجله منتشر می گردد. پژوهش حاضر با هدف علم سنجی و کتاب سنجی پژوهش های آلودگی/آلاینده های خردپلاستیک ها در محیط های دریایی (مطالعه موردی: مقاله های منتشر شده در خبرنامه آلودگی دریا در بازه زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ میلادی) به انجام رسید. همان گونه که اشاره شد این مجله به عنوان مجله ای پیشتاز در حوزه مطالعات خردپلاستیک ها در محیط های دریایی به شمار می آید. در این پژوهش تلاش شد تا علاوه بر

با این حال، شاخص درجه همکاری تفاوتی میان سطوح مختلف همکاری چند نویسنده‌ای قائل نمی‌شود [۲۲].
برای محاسبه ضریب همکاری^۵، از فرمول اصلاح شده آجیفروک [۲۴، ۲۵] استفاده شد:

$$MCC = \frac{N}{N-1} \times CC$$

$$CC = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{j} \right) f_j}{N}$$

F_j: تعداد مقاله‌های دارای J نویسنده

N: تعداد کل مقاله‌ها

MCC: ضریب همکاری

شاخص ضریب همکاری (CC) بین صفر و ۱ قرار دارد، به طوری که مقدار صفر نمایانگر مقالات تک‌نویسنده است. با این حال، شاخص CC حتی در حالت همکاری حداکثری نیز به عدد ۱ نمی‌رسد، مگر اینکه تعداد نویسندگان بی‌نهایت باشد. این شاخص تمایز بین سطوح مختلف همکاری چندنویسنده‌ای را بهتر از شاخص‌های ساده‌تر انجام می‌دهد، ولی به دلیل وزندهی معکوس به تعداد نویسندگان، رسیدن به ۱ برای همکاری‌های واقعی ممکن نیست. به‌منظور رفع این محدودیت، شاخص همکاری اصلاح شده (MCC) ارائه شده است که این موضوع را بهتر منعکس می‌کند [۲۲].

برای انجام داده‌کاوی میزان مشارکت در سطح کشورها، مؤسسه‌های پژوهشی و افراد از نرم‌افزار VOS viewer v1. 6. 11 استفاده شد. در هر سطح، شرایط داده‌کاوی به‌صورت الف- تعداد مقاله‌های مشترک مساوی یا بیشتر از ۵ مقاله، ب- تعداد ارجاعات مساوی یا بیشتر از ۱۰۰ ارجاع، ج- شمارش کسری^۶ (اختصاص وزن کسری به هر ارتباط به نحوی که مجموع وزن‌ها برابر با یک است)، د- طول کل پیوند مساوی با وزن‌ها در نظر گرفته شد. شمارش کسری روشی است برای تعیین وزن نویسندگان، مؤسسات، یا کشورها در شبکه‌های علم‌سنجی زمانی که چندین نهاد در یک مقاله مشارکت دارند. برخلاف شمارش کامل که به هر مشارکت‌کننده اعتبار کامل می‌دهد، شمارش سهمی اعتبار را به‌طور متناسب بین همه مشارکت‌کنندگان تقسیم می‌کند. مثلاً در مقاله‌ای با ۵ نویسنده، هر نویسنده سهمی برابر با یک پنجم اعتبار

تحلیل‌های مرسوم علم‌سنجی، تحلیل محتوایی به‌صورت کاربردی‌تر (موارد مربوط به واحدهای اندازه‌گیری، گونه‌های هدف و...) به انجام برسد.

۲- روش کار

۲-۱- جمع‌آوری داده‌ها

در مورخ ۵م خرداد ماه ۱۴۰۳، اطلاعات کتاب‌سنجی تعداد ۱۱۳۸ مقاله منتشر شده در خبرنامه آلودگی دریا از سامانه اسکوپوس^۱ استخراج گردید. برای این منظور موتور جستجوی مربوطه به صورت زیر تنظیم گردید [۲۰]:

(TITLE-ABS KEY (microplastic) OR ISSN ((microplastic) OR TITLE-ABS-KEY (microplastic) AND ISSN (0025326x)) AND PUBYEAR > 2012 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO (SRCTYPE, "j")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")))

۲-۲- شاخص‌ها

در پژوهش حاضر از شاخص‌های همکاری، بهره‌وری، استانداردسنجی و تحلیل موضوعی برای علم‌سنجی و کتاب‌سنجی مقاله‌ها در هر سال استفاده شد.

از سه شاخص همکاری برای تخمین میزان مشارکت پژوهشگران در انجام پژوهش استفاده شد. میانگین تعداد نویسندگان (در هر سال) به عنوان شاخص همکاری^۲ خالص در نظر گرفته شد [۲۱]. اگرچه محاسبه این شاخص بسیار ساده است، اما تفسیر آن به عنوان درجه همکاری چندان آسان نیست، زیرا این شاخص حد بالایی ندارد. همچنین، شاخص همکاری خالص به مقالاتی که تنها یک نویسنده دارند و هیچ همکاری واقعی در آن‌ها وجود ندارد نیز وزن غیرصفر می‌دهد [۲۲]. درجه همکاری^۳ با به‌کارگیری فرمول سابرامانیام^۴ [۲۳] به شرح زیر محاسبه شد:

$$DC = \frac{N_m}{N_m + N_s}$$

N_m: تعداد مقاله‌های دارای چند نویسنده

N_s: تعداد مقاله‌های دارای یک نویسنده

DC: درجه همکاری (سابرامانیام)

این شاخص به‌راحتی قابل محاسبه است و به‌عنوان درجه همکاری به‌راحتی قابل تفسیر است (زیرا مقدار آن بین صفر و یک است).

^۴ Subramanyam

^۵ Collaborative coefficient (CC)

^۶ Fractional counting

^۱ Scopus

^۲ Collaboration index (CI)

^۳ Degree of Collaboration (DC)



$$PGR = \frac{w_2 - w_1}{t_2 - t_1}$$

W₁: لگاریتم طبیعی تعداد مقاله‌های چاپ شده در سال t₁

W₂: لگاریتم طبیعی تعداد مقاله‌های چاپ شده در سال t₂

t₂-t₁: فاصله زمانی بین دو سال

PGR: نرخ رشد

$$DT = \frac{0.693}{PGR}$$

DT: زمان دوبرابرشوی

زمان دوبرابرشوی کوتاه‌تر نشان‌دهنده گسترش سریع‌تر تأثیر پژوهشی است، درحالی‌که زمان‌های طولانی‌تر نشان می‌دهد که حوزه‌های پژوهشی بالغ‌تر یا کم‌فعال‌تر هستند. این تمایز برای برنامه‌ریزی استراتژیک پژوهشی ارزشمند است [۳۱].

میزان استاندارد (ارجاع)‌پذیری با به‌کارگیری سه شاخص استانداردپذیری خالص، استانداردپذیری میزان شده و شاخص تحقق پتانسیل پژوهش محاسبه شد. برای محاسبه ارجاع‌پذیری میزان شده هر مقاله، تعداد ارجاعات به آن مقاله بر عمر مقاله (تفاضل سال بررسی از سال انتشار) تقسیم می‌شود [۳۲]. شاخص تحقق پتانسیل پژوهشی^۲ سالیانه خبرنامه نیز بر اساس فرمول ریزیک [۳۳] محاسبه شد:

$$RPR = 1 - \frac{P_u}{P}$$

P_u: تعداد مقاله‌ها ارجاع نخورده

P: تعداد کل مقاله‌ها

RPR: تحقق پتانسیل پژوهشی

شاخص تحقق پتانسیل پژوهشی اهمیت زیادی دارد؛ زیرا میزان موفقیت واقعی در به‌کارگیری ارزش یا تأثیر پیش‌بینی شده پژوهش را نشان می‌دهد. این شاخص به سازمان‌ها و سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا تشخیص دهند کدام پروژه‌ها یا حوزه‌های پژوهشی به نتایج ملموس و پیشرفت علمی منجر شده‌اند و کدام یک نیازمند توجه بیشتر برای افزایش بهره‌وری و تأثیر هستند. همچنین، این معیار در ارزیابی متوازن پژوهش،

آن مقاله دارد. این روش از بزرگ‌نمایی سهم افراد یا نهادهایی که در مقالات چند نویسنده‌ای فعالیت می‌کنند جلوگیری کرده و نمایی متوازن‌تر از همکاری و تأثیر در تحلیل‌های بیبلیومتریک ارائه می‌دهد [۲۶].

«طول کل پیوند» به مجموع قدرت ارتباطات یک مورد خاص (مانند یک نویسنده، مؤسسه یا کلمه کلیدی) با سایر موارد در شبکه اشاره دارد. هر ارتباط بین دو مورد دارای مقداری است که نشان‌دهنده شدت یا میزان همکاری یا هم‌رخدادی آن‌ها است. طول کل پیوند، جمع این مقادیر برای تمام ارتباطات یک مورد است که نمایانگر میزان ارتباط یا تأثیر کلی آن مورد در شبکه است. به‌عنوان مثال، در تحلیل همکاری نویسندگان، قدرت کل پیوند یک پژوهش‌گر نشان‌دهنده شدت کلی همکاری‌های وی با سایر پژوهش‌گران است و بیانگر میزان مشارکت و تأثیر وی در شبکه همکاری‌ها است. وقتی طول کل پیوند مساوی با وزن‌ها در در نظر گرفته شود، اندازه یا اهمیت موارد (مانند نویسندگان، مؤسسات یا کلمات کلیدی) در نمودار شبکه بر اساس مجموع قدرت پیوندهای آن‌ها با سایر موارد تنظیم می‌شود. مواردی که طول کل پیوند بالاتری دارند، ارتباطات قوی‌تر یا بیشتری دارند و در نقشه برجسته‌تر نمایش داده می‌شوند. این ویژگی باعث می‌شود موارد تأثیرگذار یا دارای همکاری بالا به صورت بصری و تحلیلی بیشتر مورد توجه قرار گیرند (نه صرفاً بر اساس تعداد پیوندها بلکه بر اساس مجموع وزن این پیوندها) [۲۷].

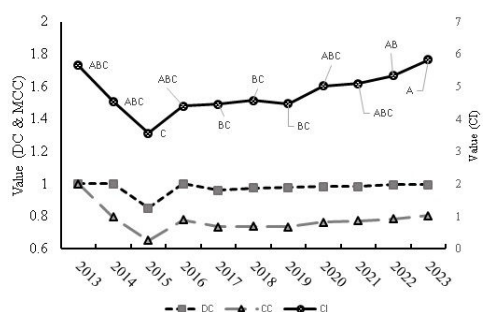
از قاعده لوتکا^۱ برای تخمین میزان بهره‌وری توسط پژوهش-گران و کشورها استفاده شد [۲۸، ۲۹]. بر اساس این قاعده، اکثر نویسندگان تنها چند مقاله منتشر می‌کنند در حالی‌که تعداد کمی از نویسندگان بسیار پرکار هستند. این قانون معمولاً در تحلیل‌های علم‌سنجی برای شناسایی الگوهای بهره‌وری نویسندگان و شناخت مولفان کلیدی در زمینه‌های پژوهشی استفاده می‌شود و نقش مهمی در ارزیابی پژوهش و سیاست‌گذاری علمی دارد. بهره‌وری بر اساس پژوهشگر با استناد به اطلاعات نویسنده اول در مقاله‌ها و تولید بر اساس کشور نیز بر اساس اطلاعات کل نویسندگان محاسبه شد. الگوی کلی میزان بهره‌وری در خبرنامه نیز بر به‌صورت نرخ رشد و زمان دوبرابرشوی [۳۰] ارزیابی شد:

^۱ Lotka

^۲ Research Potential Realized

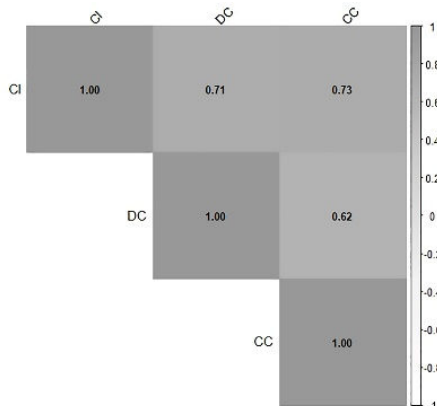
اول=۴، چارک دوم=۵ و چارک سوم=۷). میانگین تعداد نویسندگان در هر مقاله نیز برابر با $3/22 \pm 5/63$ (انحراف معیار $\pm$ میانگین) بود.

در دوره زمانی موردبررسی، تفاوت معنی‌داری در شاخص همکاری خالص در سال‌های مختلف مشاهده شد ($F_{10,1127}=4$). کمترین و بیشترین میانگین تعداد نویسندگان به ترتیب در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳ مشاهده شد.



شکل ۱- تغییرات سالیانه شاخص‌های همکاری در مقاله‌های منتشر شده در خبرنامه آلودگی دریا

Figure 1. Annual changes in collaboration metrics for articles published in the Marine Pollution Bulletin.



شکل ۲- همبستگی بین شاخص‌های همکاری در مقاله‌های منتشر شده در خبرنامه آلودگی دریا در حوزه خردپلاستیک‌ها

Figure 2. Correlation between collaboration metrics in articles published in the Marine Pollution Bulletin on microplastics.

کمترین میزان درجه همکاری و ضریب همکاری نیز در سال ۲۰۱۵ ثبت گردید. میزان ضریب همکاری در مقاله‌های منتشر شده

مدیریت منابع و برنامه‌ریزی استراتژیک نقش حیاتی ایفا می‌کند [۳۴].

برای داده‌کاوی موضوعی مقاله‌ها از متن چکیده و کلمات کلیدی استفاده شد. آستانه تکرار کلمه $N=5$ در نظر گرفته شد و از روش شمارش دوتایی^۱ برای تحلیل‌ها استفاده شد [۳۵]. آستانه به حداقل تعداد اسنادی گفته می‌شود که یک واژه یا مورد باید در آن‌ها ظاهر شود تا وارد تحلیل و نمایش شود. این کار باعث حذف واژه‌های کم‌تکرار یا کم‌اهمیت شده و تمرکز را روی مفاهیم کلیدی و مهم‌تر افزایش می‌دهد. برای مثال، اگر آستانه پنج تنظیم شود، فقط واژه‌هایی که حداقل در پنج سند ظاهر شده باشند، در تحلیل و نقشه نمایش داده می‌شوند. این باعث می‌شود نمودارها واضح‌تر و مربوط به موضوعات اصلی مجموعه داده باشند. همچنین در حالت شمارش دوتایی استفاده می‌شود صرفاً حضور یا عدم حضور واژه در هر سند مد نظر قرار می‌گیرد و نه تعداد تکرارهای آن در همان سند.

۳-۲- تحلیل آماری

آزمون‌های وردایی یک‌طرفه^۲ به همراه پس‌آزمون بونفرونی^۳ برای مقایسه میانگین‌ها بین سال‌های انتشار استفاده شدند. بدین منظور، ابتدا داده‌ها از نظر پیش‌فرض‌های همسانی وردایی (واریانس) و برخورداری باقیمانده‌ها از توزیع طبیعی^۴ ارزیابی شدند. در مواردی که این پیش‌فرض‌ها برقرار نبودند، از آزمون جایگزین ولش^۵ که برای شرایطی است که همسانی وردایی برقرار نیست؛ ولی باقیمانده‌ها نرمال هستند، یا آزمون براون-فورسایت^۶ که برای زمانی که هیچ‌یک از دو پیش‌فرض همسانی وردانی و طبیعی بودن توزیع باقیمانده‌ها برقرار نیست، استفاده شد [۳۶].

۳- نتایج

۳-۱- همکاری

نتایج آزمون‌های نیکویی برازش نشان داد که توزیع تعداد نویسندگان از توزیع نرمال ($AD=29.60, p<0.005$) و یا توزیع پواسون ($\text{Chi-square}=107.86, p=0.0001$) تبعیت نمی‌کند. تعداد نویسندگان مقاله‌ها از ۱ تا ۶۰ نویسنده متغیر بود (چارک

^۵ Welch
^۶ Brown-Forsythe

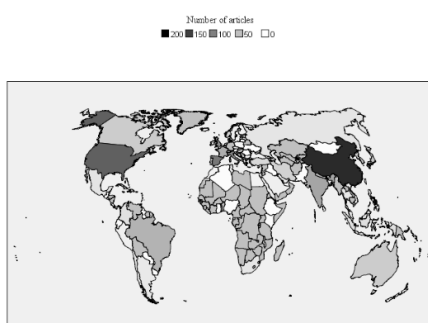
^۱ Binary counting
^۲ One-way ANOVA
^۳ Bonferroni post hoc
^۴ Normality of residuals



همچنین، مجموع شدت لینک‌های یک گره، میزان کل همکاری‌های آن را با سایر گره‌ها نشان می‌دهد و می‌تواند برای تحلیل میزان تأثیرگذاری و ارتباطات کل یک نویسنده یا مؤسسه به کار رود.

۲-۳- بهره‌وری

پژوهش‌گرانی از ۱۰۰ کشور مختلف در مقالات منتشر شده در خبرنامه آلودگی دریا در حوزه خردپلاستیک‌ها طی سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ مشارکت داشتند. در این میان، سه کشور چین، آمریکا و اسپانیا به عنوان کشورهای دارای بیشترین پرونداد شناسایی شدند (شکل ۴).



شکل ۴- نقشه پرونداد علمی کشورها بر اساس تعداد مقاله‌های

چاپ شده در خبرنامه آلودگی دریا

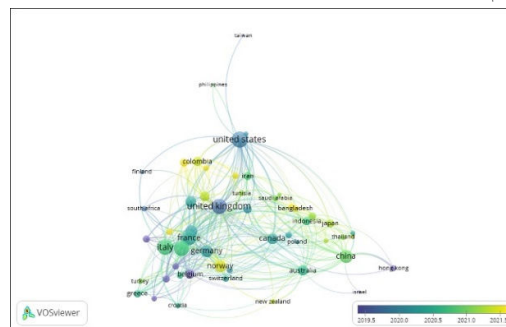
Figure 4. World map of scientific output by country based on number of articles published in the Marine Pollution Bulletin.

معادله بهره‌وری نویسندگان و کشورها در شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به مقادیر R بزرگتر از ۰/۹ به نظر می‌رسد معادله بهره‌وری نویسندگان با قاعده لوتکا هم‌خوانی دارد. نرخ رشد سالانه کلی مجله از ۰/۰۱ تا ۰/۸۷ در تغییر بود. زمان دوبرابر شوی در بازه‌های ۲۰۲۰-۲۰۲۱ و ۲۰۲۲-۲۰۲۳ افزایش چشم‌گیری داشت و در سایر بازه‌ها در سطحی تقریباً ثابت باقی ماند. همبستگی منفی و معنی‌دار بین نرخ رشد و زمان دوبرابرشوی مشاهده شد ($\text{Spearman } r = -0.9, p = 0.042$).

۳-۳- استنادها (ارجاع‌ها)

در سال ۲۰۱۵ کمتر از ۰/۷ بود (شکل ۱). نتایج آزمون همبستگی موید همبستگی مثبت و معنی‌دار بین هر سه شاخص همکاری بود (شکل ۲).

تحلیل شبکه همکاری بر اساس وابستگی نویسندگان، هفت خوشه همکاری قاره‌ای و بین‌قاره‌ای را نمایان می‌کند (شکل ۳). نویسندگانی از آمریکا (قدرت ارتباط = ۵۵)، ایتالیا (قدرت ارتباط = ۵۱)، و اسپانیا (قدرت ارتباط = ۵۰) بیشترین قدرت همکاری را در بازه زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ نشان دادند. در شبکه هم‌نویسندگی، وون جون شیم^۲، وابسته به مؤسسه علوم و فناوری ته‌جون^۳ در کره جنوبی، بالاترین قدرت ارتباط را با مقدار ۱۱ داشت. این اطلاعات بر پایه ۴ ارتباط و ۱۲ مقاله بود و میانگین سال انتشار ۲۰۱۸ بود. در بین مؤسسات نیز، مؤسسه تحقیقات منطقه ساحلی یان‌تای^۴ در چین با قدرت ارتباط ۶، ۲ ارتباط و ۸ مقاله، و میانگین سال انتشار ۲۰۱۶ حائز بیشترین قدرت ارتباط بود. قدرت ارتباط به مقدار عددی اشاره دارد که میزان قدرت یا شدت ارتباط بین دو گره (مانند نویسندگان، مؤسسات یا کشورها) را نشان می‌دهد. این مقدار همیشه مثبت است و هرچه مقدار آن بیشتر باشد، نشان دهنده همکاری یا ارتباط بیشتری بین دو گره است. برای مثال، در شبکه همکاری نویسندگان، قدرت ارتباط بین دو پژوهشگر نشان‌دهنده تعداد مقالات مشترکی است که آن‌ها با هم نوشته‌اند.



شکل ۳- روند زمانی شبکه ارتباطی بین کشورها در انتشار

مقاله‌های مربوط به حوزه خردپلاستیک‌ها

Figure 3. Temporal evolution of international collaboration networks in microplastics-related publications.

^۳ Daejeon Institute of Science and Technology

^۴ Yantai Institute of Coastal Zone Research

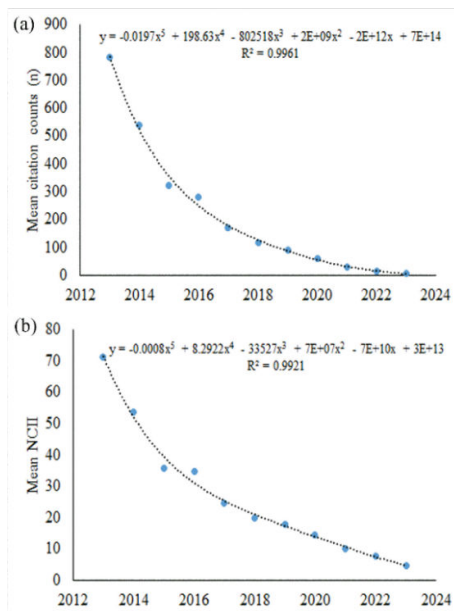
^۱ Link strength

^۲ Won Joon Shim

countries, (c) Annual changes in growth rate and publication doubling time.

نتایج آزمون وردایی یک‌طرفه موید اختلاف معنی‌دار میانگین تعداد استنادها ($F_{10, 82.51} = 95.5, p = 0.0001$) و تعداد میزان شده ($F_{10, 83.04} = 39.3, p = 0.0001$) در سال‌های مختلف انتشار بود و معادله مربوطه به‌صورت یک معادله چندجمله‌ای تعیین گردید (شکل ۶).

مقادیر شاخص تحقق پتانسیل پژوهشی در همه سال‌ها به‌استثنای سال ۲۰۲۰ و ۲۰۲۳ برابر با عدد یک بود. همبستگی خطی منفی معنی‌دار و ضعیف بین تعداد استنادهای دریافتی و



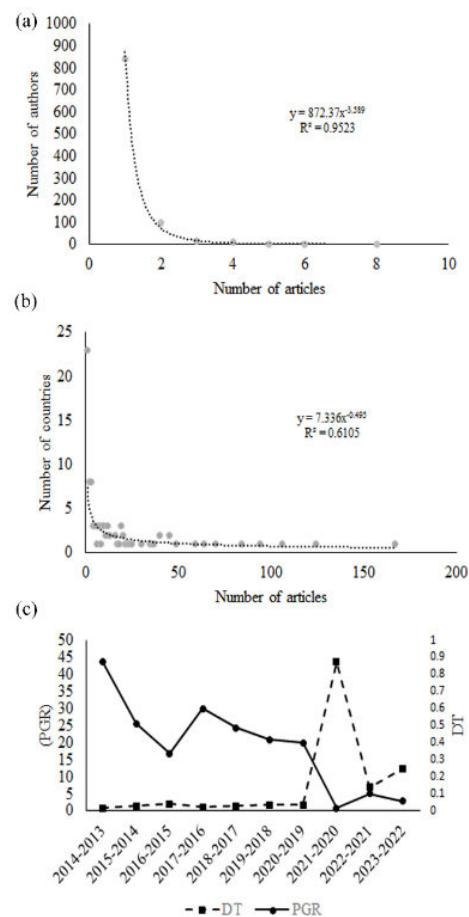
شکل ۶- منحنی تغییرات زمانی استنادپذیری خام و میزان شده

مقاله‌های منتشر شده در خبرنامه آلودگی دریا

Figure 6. Temporal trend of raw and normalized citation impact for articles published in the Marine Pollution Bulletin.

تعداد نویسندگان (Spearman's $r = -0.18, p = 0.005$) و یا تعداد کلمات عنوان مقاله (Spearman $r = -0.14, p < 0.0001$) مشاهده گردید. از طرفی دیگر، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد استنادهای دریافتی و تعداد کلمات مقاله ثبت شد (Spearman $r = 0.12, p = 0.026$). بر اساس نتایج آزمون وردایی، نوع مقاله از نظر دسترسی تأثیر معنی‌داری بر میانگین تعداد استنادهای دریافتی داشت و در مقاله‌های با دسترسی آزاد به طور

در دوره زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ میلادی، کل مقاله‌های منتشر شده در خبرنامه آلودگی دریا در حوزه خردپلاستیک‌ها تعداد ۷۵،۱۱۲ استناد دریافت نمودند. در همان دوره، میانگین تعداد استناد به‌ازای هر مقاله برابر با $66 \pm 126/4$ (انحراف معیار $\pm$ میانگین) بود. توزیع تعداد استنادها از توزیع طبیعی ($AD = 163.97, p < 0.005$) و یا پواسون ($Chi-square = 186537, p = 0.0001$) برخوردار نبودند. مقاله‌ای با عنوان «وقوع خردپلاستیک‌ها در دستگاه گوارش ماهیان سطح‌زی و کف‌زی از کانال انگلیس» نوشته لشر و همکاران^۱، حائز بیشترین تعداد استناد (۱۴۲۱ نوبت) بود؛ درحالی‌که ۱/۹۳ درصد از مقالات بدون استناد بودند.



شکل ۵- (a) منحنی تعداد مقاله‌ها در برابر تعداد نویسندگان مشارکت

کننده، (b) منحنی تعداد مقاله‌ها در برابر تعداد کشورهای مشارکت

کننده، (c) تغییرات سالیانه رشد و دوبرابرشوی انتشار

Figure 5. (a) Curve of article count versus number of participating authors, (b) Curve of article count versus number of participating

pelagic and demersal fish from the English Channel. Marine pollution bulletin, 67(1-2), 94-99

^۱ Lusher, A. L., Mchugh, M., & Thompson, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of



جدول ۱- میانگین شاخص های علم سنجی مقاله های منتشر شده در
خبرنامه آلودگی دریا در دوره زمانی ۱۰ ساله

Table 1. Average scientometric indicators of articles published in the Marine Pollution Bulletin over a 10-year period.

مقدار	عنوان شاخص	نوع شاخص
Value	Index name	Index type
4. 8	شاخص همکاری خالص	همکاری
	Collaboration index	Collaboration
0. 97	درجه همکاری	
	Degree of Collaboration	
0. 77	ضریب همکاری	
	Collaborative coefficient	
3. 5	ضریب لوتکا	بهره‌وری
	Lotka coefficient	Productivity
0. 37	نرخ رشد	
	Production growth rate	
7. 31	زمان دوبرابرشی	
	Doubling time	
126. 4	استنادپذیری خالص	استنادپذیری
	Citation count	Citation
40	استنادپذیری میزان شده	
	Normalized citation	
0. 99	شاخص تحقق پتانسیل پژوهشی	
	Research Potential Realized	

۴- بحث

نتایج ارزیابی های کتاب سنجی مقایسه ای قبلی، نقش برجسته خبرنامه آلودگی دریا را در پیش برد پژوهش ها درباره آلودگی خردپلاستیک ها نشان داده است. در پژوهش حاضر، روندهای زمانی عملکرد این نشریه در زمینه پژوهش مشارکتی، بهره‌وری، استناد و پوشش موضوعات ارائه شد. سال ۲۰۱۳ نقطه عطفی در تمرکز تحقیقات بر آلودگی خردپلاستیک ها می باشد [۲۰]. طی دوره مطالعه ۱۰ ساله، بیش از ۱۱۰۰ مقاله پژوهشی در این نشریه منتشر شده است. جدول ۲ تعداد مقالات منتشر شده درباره پژوهش های آلودگی خردپلاستیک را نشان می دهد که براساس روش جستجوی مشابه و توسط ۲۰ نشریه برتر در دسته بندی

معنی داری بیشتر از سایر مقاله ها بود ($F_{3, 289.58} = 8.97, p < 0.001, \epsilon^2 = 0.019$). در شبکه هم استنادی، خبرنامه آلودگی دریا حائز بیشترین قدرت ارتباط در میان مجلات مرتبط بود و به عنوان یک مجله پیشرو در خوشه ۲ شناخته شد. در نقشه های منابع استنادی، مقاله ای با عنوان "خردپلاستیک ها در محیط دریایی" نوشته آندرادی^۱ به عنوان تأثیرگذارترین مقاله شناسایی شد. همچنین در میان نویسندگان، ریچارد تامپسون^۲ به عنوان نویسنده مؤثر در شبکه استناد هم منبعی معرفی شد.

۳-۴- تحلیل محتوا

داده کاوی متنی چکیده ها نشان داد که چندین واحد اندازه گیری در مقاله ها استفاده شده اند که عمدتاً به واحدهای چگالی و جرم تقسیم می شوند. واژه «item» پرکاربردترین شمارنده در واحدهای چگالی بود و دو واژه «mp» و «particle» در اولویت های بعدی قرار داشتند. در مقاله های منتشر شده، واحد لیتر رایج ترین واحد برای چگالی بود که معمولاً به صورت items/L بیان شده اند. واحد g/L نیز پرکاربردترین واحد برای اندازه گیری جرم بود. فراوانی چهار محیطی مطالعاتی اصلی مقاله ها نیز به ترتیب شامل رسوب (بیشترین تعداد مقاله ها)، آب، ماهی و صدف ها (کمترین تعداد مقاله ها) بود (شکل ۶). در نقشه چگالی جنس ماده، دو خوشه شناسایی شدند: خوشه اول شامل پلی اتیلن ترفتالات، پلی پروپیلن، پلی استیرن و PVC؛ و خوشه دوم شامل HDPE و LDPE بود. در این میان، پلی پروپیلن به عنوان پرتکرارترین جنس ماده گزارش شده بود. همچنین، بررسی هم پوشانی واژگان پرتکرار در چکیده و کلیدواژه ها نشان داد که موضوعاتی مانند شاخص بار آلودگی^۳، آبشویی^۴، تخریب توسط اشعه فرابنفش، آلودگی خردپلاستیک در مراحل مختلف زندگی حیوانات، مواجهه/تأثیر هم زمان، استرس اکسیداتیو و مطالعات مربوط به آلودگی خردپلاستیک مرتبط با کووید-۱۹، از حوزه های نوظهور و مورد توجه پژوهش ها هستند.

مقادیر شاخص های مورد بررسی در کل دوره زمانی مورد بررسی در جدول ۱ خلاصه شده است.

^۳ Pollution load indexing

^۴ Leaching

^۱ Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. Marine pollution bulletin, 62(8), 1596-1605

^۲ Richard C. Thompson

موضوعی "آلودگی" در SCImago استخراج شده است. در این فهرست، تنها ۴ نشریه، یعنی Science of the Total Environment، Marine Pollution Bulletin (MPB)، Environmental Pollution و Chemosphere به‌طور قابل توجهی به انتشار پژوهش‌های مربوط به آلودگی خردپلاستیک اختصاص یافته‌اند که در میان آنها خبرنامه آلودگی دریا (MPB) دومین مقام را از نظر تعدد مقاله‌های مربوطه به خود اختصاص داده است. این رتبه همچنین ممکن است در موضوعات تخصصی‌تر (مانند انتقال در زنجیره غذایی) بالاتر رود [۲۰]. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پژوهش‌گران چینی، آمریکایی و اسپانیایی، مولفان پرکار در زمینه پژوهش‌های خردپلاستیک هستند. علاوه بر این، دانشمندیانی از ایالات متحده، ایتالیا و اسپانیا و چین به‌عنوان ایجادکنندگان کلیدی شبکه‌های همکاری در حوزه پژوهش‌های خردپلاستیک شناخته شدند. مطالعه پیشین نیز نتایج مشابهی را نشان می‌دهد [۲۰]. به اعتقاد برخی، دسترسی پژوهش‌گران به اعتبارات بودجه‌ای مناسب در چین منجر به رشد پژوهش‌های مرتبط با آلودگی در این کشور شده است [۲۰]. از طرفی دیگر الگوی تغییرات شاخص‌های همکاری نشان می‌دهد که میزان همکاری در سال‌های اخیر تقریباً در یک سطح ثابت (یا با تغییرات اندک) حفظ شده است. این امر معمولاً در مورد موضوعات علمی داغ صادق است [۳۷]. نتایج این پژوهش با چشم‌انداز جهانی نیز هم‌خوانی دارد. یک تحلیل کتاب‌سنجی گسترده که پایگاه وب آو ساینس را از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۰ پوشش می‌داد، چین و ایالات متحده را به عنوان راهبران این حوزه شناسایی کرد و اسپانیا نیز در میان پنج کشور برتر جایگاه برجسته‌ای داشت [۱۶]. نتایج مطالعه‌ای دیگر نیز برون‌داد غالب چین و پس از آن ایالات متحده را تأیید کردند [۱۴]. این اجماع، بر نقش سرمایه‌گذاری ملی در تحقیق و تعیین اولویت‌های راهبردی در پیشبرد برون‌داد علمی تأکید می‌کند.

افزایش مشاهده‌شده در تعداد انتشارات سالانه، به‌ویژه رشد قابل‌توجه زمان‌های دوبرابرشدن در بازه ۲۰۲۱-۲۰۲۰، می‌تواند نشانگر واضحی از افزایش اهمیت این حوزه قلمداد شود. این روند کاملاً با رشد آگاهی جهانی از آلودگی ناشی از پلاستیک که با گزارش‌های پرتعداد نهادهای بین‌المللی و پوشش گسترده رسانه‌ها تقویت شده، هم‌خوانی دارد [۳۷]. این واقعیت که خبرنامه آلودگی دریا بر اساس جدول تطبیقی ما دومین مجله پرتولید در این حوزه است، نقش آن را به‌عنوان کانال اصلی انتشار دانش

بنیادی تأکید می‌کند. مقادیر بالای شاخص پتانسیل پژوهشی محقق شده (RPR) که به‌طور پیوسته نزدیک به عدد یک هستند، نشان می‌دهند که تحقیقات منتشر شده در این مجله نه‌تنها مورد توجه قرار می‌گیرند، بلکه فعالانه بر اساس آن‌ها پژوهش‌های جدیدی شکل می‌گیرد. این امر حاکی از گفتمان علمی پویا، سالم و انباشتی در هسته مرکزی این حوزه است.

تثبیت شاخص‌های همکاری - شامل همکاری خالص، درجه همکاری و ضریب اصلاح‌شده همکاری - در سطوح بالا، نشان از گذار از یک حوزه مطالعاتی نوپا و پراکنده به یک رشته علمی بالغ و مبتنی بر همکاری دارد. شکل‌گیری هفت خوشه مجزای فراملی در شبکه هم‌نویسندگی، بازتاب‌کننده ماهیت جهانی مسئله خردپلاستیک‌ها و نیازمند تخصص‌های فرامرزی است. راهبری ایالات متحده، ایتالیا و اسپانیا در این شبکه‌ها، نقش اکوسیستم‌های پژوهشی به‌خوبی تأمین‌شده و متصل را در پیش‌برد این حوزه برجسته می‌کند. این یافته با سایر مطالعات کتاب‌سنجی که این کشورها را گره‌های مرکزی در شبکه جهانی پژوهش خردپلاستیک‌ها شناسایی کرده‌اند، هم‌خوانی دارد [۱۶]. با این حال، همین نقطه قوت، یک ضعف حیاتی را آشکار می‌کند: تمرکز جغرافیایی رهبری پژوهشی. اگرچه پژوهش‌گران از ۱۰۰ کشور در این مطالعات مشارکت داشته‌اند، اما سلطه چند کشور از "جهان شمال" حاکی از یک سوگیری بالقوه در اکوسیستم‌های مورد مطالعه، سوالات پژوهشی اولویت‌دار و حتی نحوه تعریف خود مسئله است. اگر محیط‌های دریایی مطالعه‌شده عمدتاً مناطقی باشند که در مجاورت کشورهای پیشرو در پژوهش قرار دارند، ممکن است بخش‌های وسیعی از اقیانوس جهانی، علیرغم احتمال تأثیرپذیری بالا، کمتر مورد مطالعه قرار گرفته باشند [۳۸]. این امر، نیازمند یک تلاش هماهنگ برای ترویج مشارکت‌های عادلانه‌تر و تقویت ظرفیت پژوهشی در "جهان جنوب" است تا اطمینان حاصل شود که درک ما از این بحران، واقعاً جهانی است.

نقشه زمانی مضامین پژوهشی که از طریق کاوش متون چکیده‌ها آشکار شده است، مسیر تکاملی روشنی را ترسیم می‌کند. به نظر می‌رسد تمرکز اولیه مطالعات بر پایش و بررسی میزان حضور ذرات خرد پلاستیک در محیط‌ها و جانداران استوار بوده است. این گام اولیه‌ای ضروری برای تعریف دامنه و مقیاس مسئله بود. با گذشت زمان، واژگان تخصصی این حوزه گسترده‌تر شده و مفاهیم پیچیده‌تری مانند «تنش اکسیداتیو»، «انتقال تغذیه‌ای» و



این حال، افزودن واحدهای SI به برآوردهای میانگین کل (مثلاً در پراتنز در بخش «چکیده») می‌تواند مقایسه‌های دقیق‌تر را فراهم کند.

مطالعات نشان می‌دهد پاندمی کووید-۱۹ تأثیر قابل توجهی بر آلودگی خردپلاستیک‌ها و تحقیقات در محیط‌های دریایی داشته است و این مساله عمدتاً به دلیل استفاده گسترده و دفع نامناسب تجهیزات حفاظت فردی مثل ماسک‌های جراحی بوده است که تریلیون‌ها ذره خردپلاستیک را به زیست‌بوم‌های دریایی وارد کرده شبکه‌های غذایی دریایی را مختل کرده است [۴۱]. تحلیل‌های علم سنجی، افزایش انتشار مقالات علمی درباره آلودگی پلاستیکی دریایی و تغییر شبکه‌های همکاری جهانی در دوران پاندمی را نشان می‌دهند [۴۲].

بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان به موارد زیر در خصوص سیاست‌گذاری علمی در حوزه مطالعات حوزه خرد پلاستیک‌ها اشاره نمود

۱- آلودگی خردپلاستیک به‌عنوان یک چالش نوظهور محیط زیستی که سلامت اکوسیستم‌های دریایی و انسان را تهدید می‌کند، نیازمند مدیریت موثر از منبع تولید تا مرحله دفع است [۴۳]. سیاست‌های علمی باید به گونه‌ای طراحی شوند که با حمایت از تحقیقات بنیادی و کاربردی در این حوزه، راهبردهای پیش‌گیرانه و کنترلی توسعه یابند. ضرورت انجام مطالعات منطقه‌ای و جهانی درباره خردپلاستیک‌ها از منظر زیست‌فناوری دوجانبه است. از یک سو، تنوع زیستی منطقه‌ای، مخزنی از میکروارگانیسم‌ها و متابولیت‌های خاص را ارائه می‌دهد که پاسخ‌های بیوشیمیایی منحصربه‌فردی به استرس ناشی از خردپلاستیک‌ها نشان می‌دهند. این پاسخ‌ها می‌توانند منجر به شناسایی آنزیم‌های تجزیه‌کننده نوین یا مسیرهای متابولیک مقاوم شوند که مستقیماً در توسعه محصولات بیوتکنولوژیک کاربرد دارند. از سوی دیگر، ماهیت فرامرزی آلودگی اقیانوس‌ها، یکپارچگی داده‌ها و استانداردسازی ارزیابی ریسک را طلب می‌کند. مطالعات یکپارچه جهانی امکان ردیابی تأثیر خردپلاستیک‌ها در زنجیره عرضه مواد اولیه زیست فناوریانه و ایجاد چارچوب‌های حفاظتی را فراهم می‌کند.

۲- کشورهای چین، آمریکا و اسپانیا در ایجاد دانش پیشرو در این زمینه نقش بسزایی داشته‌اند که این امر بیانگر اهمیت تقویت همکاری‌های بین‌المللی و انتقال دانش است، امری که

«قرارگیری همزمان» را در بر گرفته است. این تغییر، نشان‌دهنده بلوغ برنامه پژوهشی به سمت درک اثرات سمیت‌شناسی مکانیستی خردپلاستیک‌ها می‌باشد [۱۲]. از طرفی دیگر، فقدان نسبی پژوهش‌های اختصاص یافته به راه‌حل‌ها (اصطلاحاتی مانند «پالایش»، «تجزیه زیستی»، «سیاست‌گذاری»، «اقتصاد دورانی» یا «کاهش آلودگی») محرز به نظر می‌رسد. این عدم تعادل، بزرگ‌ترین چالش راهبردی حوزه پژوهشی حاضر است [۳۹].

در پژوهش حاضر، همبستگی منفی ضعیف بین تعداد نویسندگان و نرخ استناد مشاهده گردید. این امر ممکن است نشان دهد که کنسرسیوم‌های بزرگ چند موسسه‌ای اغلب کارهای بسیار تخصصی‌ای تولید می‌کنند که مخاطب علمی محدودتری دارد، درحالی‌که مشارکت‌های اساسی و تعریف‌کننده حوزه پژوهشی هم‌چنان می‌توانند از گروه‌های تحقیقاتی کوچک‌تر و متمرکزتر سر بر آورند. این تفسیر با ماهیت پراستنادترین انتشارات تأیید می‌شود: مانند مطالعه لاشر و همکاران در مورد بلعیده شدن پلاستیک توسط ماهی‌ها، و مرورهای جامع، مانند مطالعه آندرادی که هم‌چنان به‌عنوان داربست اساسی برای کل این حوزه در نظر گرفته می‌شود. این مطالعات که اغلب دامنه وسیع‌تری دارند، زمینه بنیادی را فراهم می‌کنند که پژوهش‌های متعاقب و تخصصی‌تر بر اساس آن ساخته می‌شوند و استناد بالای ماندگار آن‌ها را تضمین می‌کنند.

نتایج این مطالعه نشان داد که انتشارات دسترسی آزاد ممکن است مزایای استنادی (هرچند با اندازه اثر کوچک) داشته باشند. در یک نگاه کلی، مقالات دسترسی آزاد به‌سرعت منتشر می‌شوند و اجازه می‌دهند یافته‌های پژوهشی به‌موقع قابل دسترسی باشند [۴۰]. با این حال، متغیرهای مزاحم زیادی (مانند تعداد نویسندگان، نوع مقاله و غیره) نیز ممکن است بر تعداد استنادهای دریافتی تأثیر بگذارند. در خصوص اسلوب پژوهش‌های منتشر شده به‌نظر می‌رسد نویسندگان در گزارش دادن جرم و چگالی (وفور) از واحدهای متفاوت و شاید غیر قابل تبدیل به یکدیگر استفاده کنند. در حال حاضر، واحدهای SI (واحدهای پایه و مشتق هم‌سان) برای جرم، حجم و چگالی به ترتیب کیلوگرم (kg)، متر مکعب (m^3) و کیلوگرم بر متر مکعب (kg/m^3) هستند. استفاده از این واحدها هنگام گزارش جرم یا چگالی خردپلاستیک ممکن است به اعداد بسیار کوچک منجر شود که جای تعجب ندارد. با

1608	Science of the total environment
3	Green Chemistry
612	Chemosphere
0	Reviews of Environmental Contamination and Toxicology
0	Current Pollution Reports
6	Water Research X
11	Journal of Hazardous Materials Letters
2	npj Clean Water
1138	Marine Pollution Bulletin

۵- نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر، پژوهش‌گران علاقه‌مندی قابل‌توجهی به پایداری و خطرات احتمالی زیستی مرتبط با خردپلاستیک‌ها در محیط‌زیست نشان داده‌اند. با افزایش تعداد مقاله‌های علمی درباره خردپلاستیک‌ها، کتاب‌سنجی به روشی مفید برای پژوهش‌گران تبدیل شده است تا همکاری‌های علمی را درک کرده، روندهای پژوهشی را رصد کنند و مسائل کلیدی این حوزه را شناسایی نمایند. در ده سال گذشته، خبرنامه آلودگی دریا یکی از پربارترین نشریات در این حوزه پژوهش بوده است. این مطالعه کتاب‌سنجی نشان می‌دهد که پژوهش‌های خردپلاستیک در محیط‌های دریایی با وجود رسیدن به بلوغ در همکاری‌های علمی و تولید دانش، با چالش‌های بحرانی فقدان استانداردسازی، تمرکز جغرافیایی نامتوازن و شکاف عمیق بین پژوهش‌های نظری و راه‌حل‌های کاربردی روبرو هستند که گذار به مرحله راه‌حل‌محوری را برای دهه آینده ضروری می‌سازد. از منظر زیست‌فناوری دریایی، این چالش‌ها نه تنها به‌عنوان موانع علمی، بلکه به‌عنوان فرصت‌های پژوهشی تحول‌آفرین قلمداد می‌شوند. دهه آینده می‌بایست شاهد گذار پارادایمی به سمت پژوهش‌های راه‌حل‌محور و بین‌رشته‌ای باشد که در آن، پایش مخاطرات با مهندسی زیستی، اکولوژی میکروبی کاربردی و جستجوی سامانه‌های آنزیمی تجزیه‌کننده و ذخایر زیستی مقاوم ادغام گردد. اولویت‌گذاری بر مطالعات منطقه‌ای برای کشف توانمندی‌های بومی، همراه با همکاری‌های جهانی برای استانداردسازی و توسعه فناوری‌های زیستی بازیافت، بازیابی و جایگزینی، می‌تواند آلودگی خردپلاستیک‌ها را به محرکی برای نوآوری در اقتصاد آبی چرخشی تبدیل کند.

۶- تقدیر و تشکر

نویسنده مقاله اعلام می‌دارد که هیچ‌گونه تضاد منافی مرتبط با تحقیق حاضر ندارد.

سیاست‌گذاران باید به آن توجه ویژه داشته باشند. سیاست‌گذاری باید به سمت تشویق تعاملات علمی فراملی برای افزایش بهره‌وری پژوهشی حرکت کند و حمایت‌های مالی هدفمند را به حوزه‌های کلیدی اختصاص دهد.

۳- مشکل عدم استانداردسازی در اندازه‌گیری و گزارش‌گری داده‌های خردپلاستیک‌ها یکی از موانع مهم در رشته است که سیاست‌گذاری علمی باید برای این چالش نیز راهکاری ارائه دهد. تدوین و ترویج پروتکل‌های یکنواخت آزمایشگاهی و استانداردهای داده‌ای باعث افزایش قابلیت تکرار، مقایسه‌پذیری و استنادپذیری نتایج خواهد شد که نهایتاً به تصمیم‌گیری‌های علمی و محیط زیستی بهتر کمک می‌کند.

۴- ترویج انتشار دسترسی آزاد منجر به افزایش سرعت دسترسی، انتشار و استناد به یافته‌های علمی می‌شود.

۵- سیاست‌گذاری علمی در حوزه خردپلاستیک‌ها باید جامع و چندجانبه باشد و ترکیبی از حمایت از تحقیقات نوآورانه، استانداردسازی روش‌ها، تقویت همکاری‌های بین‌المللی، تمرکز بر پیامدهای زیست‌محیطی و بهداشتی و ارتقای دسترسی آزاد به دانش باشد تا بتواند به‌طور مؤثر به کاهش این آلودگی و حفاظت پایدار از منابع آبی و دریایی کمک کند.

جدول ۲- تعداد مقاله‌های منتشر شده در حوزه خردپلاستیک‌ها در

مجلات برتر (دوره زمانی ۲۰۲۳-۲۰۱۳)

Table 2. Number of published articles on microplastics in top-tier journals (time period: 2013-2023).

مجله	تعداد مقاله
Journal	Published papers #N
Energy and Environmental Science	0
Nature Reviews Earth and Environment	1
Water Research	283
Critical Reviews in Environmental Science and Technology	6
Environmental Science and Technology Letters	34
Journal of Hazardous Materials	674
Biochar	0
Reviews in Environmental Science and Biotechnology	0
Resources, Environment and Sustainability	2
Environmental Pollution	939
Energy	1



۷- منابع

- Kako, S., et al., *A decadal prediction of the quantity of plastic marine debris littered on beaches of the East Asian marginal seas*. Marine Pollution Bulletin, 2014. **81**(1): p. 174-184.
- Ribic, C.A., et al., *Trends in marine debris along the U.S. Pacific Coast and Hawai'i 1998–2007*. Marine Pollution Bulletin, 2012. **64**(5): p. 994-1004.
- Rudduck, O.A., et al., *Inter-annual variation in the density of anthropogenic debris in the Tasman Sea*. Marine Pollution Bulletin, 2017. **124**(1): p. 51-55.
- Ansari, M. and M. Farzadkia, *Beach debris quantity and composition around the world: A bibliometric and systematic review*. Marine Pollution Bulletin, 2022. **178**: p. 113637.
- Novikov, M.A., et al., *Composition and Distribution of marine anthropogenic Litter in the Barents Sea*. Oceanology, 2021. **61**(1): p. 48-57.
- Winston, R.J., et al., *Abundance and composition of anthropogenic macrolitter and natural debris in road runoff in Ohio, USA*. Water Research, 2023. **239**: p. 120036.
- Frias, J.P.G.L. and R. Nash, *Microplastics: Finding a consensus on the definition*. Marine Pollution Bulletin, 2019. **138**: p. 145-147.
- Song, J., C. Wang, and G. Li, *Defining Primary and Secondary Microplastics: A Connotation Analysis*. ACS ES&T Water, 2024. **4** (6): p. 2330–2332.
- Chapman, P.M., *Determining when contamination is pollution — Weight of evidence determinations for sediments and effluents*. Environment International, 2007. **33**(4): p. 492-501.
- Franzellitti, S., et al., *Microplastic exposure and effects in aquatic organisms: A physiological perspective*. Environmental Toxicology and Pharmacology, 2019. **68**: p. 37-51.
- Guzzetti, E., et al., *Microplastic in marine organism: Environmental and toxicological effects*. Environmental Toxicology and Pharmacology, 2018. **64**: p. 164-171.
- Sharifinia, M., et al., *Microplastic pollution as a grand challenge in marine research: A closer look at their adverse impacts on the immune and reproductive systems*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2020. **204**: p. 111109.
- Ugwu, K., A. Herrera, and M. Gómez, *Microplastics in marine biota: A review*. Marine Pollution Bulletin, 2021. **169**: p. 112540.
- Lou, X., et al., *Bibliometric analysis for global marine microplastic pollution control from 2013 to 2022*. Frontiers in Environmental Science, 2023. **Volume 11**.
- Yang, S., et al., *A bibliometric analysis of microplastic pollution in aquatic environments from 2013 to 2023*. Sustainable Environment Research, 2025. **35**(1): p. 19.
- Zhou, C., et al., *The emerging issue of microplastics in marine environment: A bibliometric analysis from 2004 to 2020*. Marine Pollution Bulletin, 2022. **179**: p. 113712.
- Jiang, L., et al., *Bibliometrics and visualization analysis of microplastics research in water from 2011 to 2023*. Journal of Water and Health, 2025. **23**(3): p. 322-335.
- Sharma, L., G. Siedlewicz, and K. Pazdro, *The toxic effects of antibiotics on freshwater and marine photosynthetic microorganisms: State of the art*. Plants, 2021. **10**(3): p. 591.
- Cesarano, C., et al., *Scientific knowledge on marine beach litter: A bibliometric analysis*. Marine Pollution Bulletin, 2021. **173**: p. 113102.
- Wong, S.L., et al., *Microplastics and nanoplastics in global food webs: A bibliometric analysis (2009–2019)*. Marine Pollution Bulletin, 2020. **158**: p. 111432.
- Lawani, S.M., *Quality, collaboration and citations in cancer research: A bibliometric study*. 1980: The Florida State University.
- Liao, C.H. and H.R. Yen, *Quantifying the degree of research collaboration: A comparative study of collaborative measures*. Journal of Informetrics, 2012. **6**(1): p. 27-33.
- Subramanyam, K., *Bibliometric studies of research collaboration: A review*. Journal of information Science, 1983. **6**(1): p. 33-38.
- Ajiferuke, I., Q. Burell, and J. Tague, *Collaborative coefficient: A single measure of the degree of collaboration in research*. Scientometrics, 1988. **14**(5): p. 421-433.
- Savanur, K. and R. Srikanth, *Modified collaborative coefficient: a new measure for quantifying the degree of research collaboration*. Scientometrics, 2010. **84**(2): p. 365-371.
- Perianes-Rodriguez, A., L. Waltman, and N.J. Van Eck, *Constructing bibliometric networks: A comparison between full and fractional counting*. Journal of informetrics, 2016. **10**(4): p. 1178-1195.
- Ullah, F., L. Shen, and S.H.H. Shah, *Value co-creation in business-to-business context: A bibliometric analysis using HistCite and VOS viewer*. Frontiers in Psychology, 2023. **13**: p. 1027775.
- Lotka, A.J., *The frequency distribution of scientific productivity*. Journal of the Washington academy of sciences, 1926. **16**(12): p. 317-323.
- Martínez-González, A.E. and P. Andreo-Martínez, *Autism and Gut Microbiota: a Bibliometric Study*. Review Journal of Autism and Developmental Disorders, 2023. **10**(4): p. 630-642.
- Mahapatra, M., *On the validity of the theory of exponential growth of scientific literature*. in *15th IASLIC Conference*. 1985. Bangalore.
- Bornmann, L. and R. Mutz, *Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references*. Journal of the association for information science and technology, 2015. **66**(11): p. 2215-2222.
- Sidiropoulos, A., D. Katsaros, and Y. Manolopoulos, *Generalized Hirsch h-index for disclosing latent facts in citation networks*. Scientometrics, 2007. **72**(2): p. 253-280.
- Raisig, L., *Mathematical evaluation of the scientific serial: improved bibliographic method offers new*

- objectivity in selecting and abstracting the research journal*. Science, 1960. **131**(3411): p. 1417-1419.
34. Szomszor, M., et al., *Interpreting Bibliometric Data*. Frontiers in Research Metrics and Analytics, 2021. **Volume 5**, 2020.
 35. Henstock, L., et al., *Behavioral Theories That Have Influenced the Way Health State Preferences Are Elicited and Interpreted: A Bibliometric Mapping Analysis of the Time Trade-Off Method With VOSviewer Visualization*. Frontiers in Health Services, 2022. **Volume 2**, 2022.
 36. Glantz, S.A., B.K. Slinker, and T.B. Neilands, *Primer of applied regression & analysis of variance*, ed. Vol. 654. 2001: McGraw-Hill, Inc., New York.
 37. Veiga-del-Baño, J.M., et al., *Mapping of emerging contaminants in coastal waters research: A bibliometric analysis of research output during 1986–2022*. Marine Pollution Bulletin, 2023. **194**: p. 115366.
 38. Lau, W.W.Y., et al., *Evaluating scenarios toward zero plastic pollution*. Science, 2020. **369**(6510): p. 1455-1461.
 39. Schmaltz, E., et al., *Plastic pollution solutions: emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution*. Environment International, 2020. **144**: p. 106067.
 40. Eysenbach, G., *Citation Advantage of Open Access Articles*. PLOS Biology, 2006. **4**(5): p. e157.
 41. Han, Y., et al., *Effects of COVID-19 on coastal and marine environments: Aggravated microplastic pollution, improved air quality, and future perspective*. Chemosphere, 2024. **355**: p. 141900.
 42. Wang, Q., R. Huang, and R. Li, *Impact of the COVID-19 pandemic on research on marine plastic pollution – A bibliometric-based assessment*. Marine Policy, 2022. **146**: p. 105285.
 43. Willis, B. and G. Fytianos, *Towards Microplastic Reduction Within Institutions*. Water, Air, & Soil Pollution, 2022. **233**(8): p. 337.