

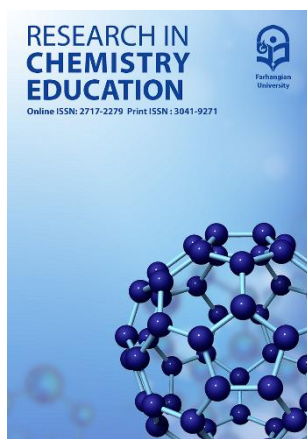


# Studying environmental concerns in high school textbooks and presenting a strategy for introducing the capacity of knowledge-based companies active in this field within the framework of looking to the future in chemistry textbooks

1. Mohammad Reza Mahmoudian <sup>\*</sup>: Department of Chemistry Education, Farhangian University, Tehran, Iran
2. Zohreh Haghighi Kafash : Postdoctoral Fellow, Department of Chemistry Education, Farhangian University, Tehran, Iran

\*Corresponding Author's Email Address: [mr.mahmoudian@cfu.ac.ir](mailto:mr.mahmoudian@cfu.ac.ir)



## Abstract:

**Background and Objective:** The main purpose of this research is to study the environmental concerns of secondary school textbooks and to present a strategy for utilizing the capacity of knowledge-based companies active in the field of environment within the framework of 'Looking to the Future' in chemistry textbooks. **Materials and Methods:** first, the content of secondary school specialized textbooks was examined and analyzed in terms of paying attention to three general components and 20 minor environmental components. In the next stage, by identifying knowledge-based companies active in the field of environment, the extent of overlap of the activities of such companies with the analyzed content of the textbooks was examined. **Findings:** The results show that the environmental components that are mentioned in basic science textbooks, especially in chemistry textbooks, overlap with the priorities of the company-based companies in terms of importance coefficient rank, but they are not necessarily ranked the same. **Conclusion:** Based on the findings, textbooks can provide a framework called 'Looking to the Future' not only to introduce examples of the activities of knowledge-based companies active in the field of environment according to the analysis conducted in this project, but also its presence in textbooks will be an objective and motivating example. On the other hand, the results indicate that balanced attention has not been allotted to environmental components in textbooks.

**Keywords:** Environmental Education, Science Education, Content Analysis, Motivation, Knowledge Based Companies.

**How to Cite:** Mahmoudian, M. R., & Haghighi Kafash, Z. (2026). Studying environmental concerns in high school textbooks and presenting a strategy for introducing the capacity of knowledge-based companies active in this field within the framework of looking to the future in chemistry textbooks. *Research in Chemistry Education*, 8(1), 74-99.

DOI: [10.48310/chemedu.2025.18320.1307](https://doi.org/10.48310/chemedu.2025.18320.1307)



© 2026 the authors. Published by Farhangian University. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

## Extended Abstract

### Introduction

Given the environmental problems and issues that are currently plaguing society, and the fundamental approach to eliminating the harmful effects of the problem of progress, it is necessary to reform and change destructive environmental norms. One way to achieve this, is to develop active learning methods, use practical examples, adopt knowledge-based practices with the aim of increasing awareness and reducing existing environmental problems in schools. The positive and growing effects of this approach include:

- Social discussion and reducing the adverse effects of environmental pollution and its irreparable consequences
- Introducing and increasing students' awareness of institutions and companies that operate with a knowledge-based perspective
- Creating national honor among students as the future builders of the country.

In this research, , in the first stage, an attempt has been made to study the importance of various environmental areas presented in the basic science textbooks of the second secondary school using the Shannon entropy method, and then, in the second stage, by identifying knowledge-based companies active in the environmental field and studying their activities without mentioning the companies' name, a proposal is made to present those activities in the form of a 'Look to the Future' to design content appropriate to the environmental activity area of those companies, taking into account the overlap with the content of the textbook in the desired grade. It is hoped that the 'Look to the Future' format will be introduced in future editions of textbooks and lead to creating hope in students.

### Methodology

The present study is an applied study in terms of its purpose and has a unique quantitative-qualitative perspective in terms of the collection and type of studies conducted on the data; in the quantitative stage, all the data collected from the content analysis of textbooks were summarized using the Shannon entropy method, and finally in the qualitative stage, the types of these knowledge-based companies components were adapted to the goals and products based on what entropy the titles have, this stage goes on based on descriptive-library method.

Shannon entropy is used as a measure of our uncertainty about the characteristics of a system, which not only includes the probabilistic nature of the parameters of the random model, but also takes into account the interferences that disrupt the measurement results of these parameters. This approach allows for the determination of the best parameter estimates that reflect the maximum uncertainty based on the entropy unit and reflects the inherent variability in the measurements.

The statistical population of this study includes the main three-year secondary school textbooks in the field of experimental sciences, including chemistry, physics, biology, mathematics, and environmental science. The selection of these educational books and their titles was based on two main reasons:

- The orientation of the groups of authors and policymakers of these types of books is towards the 'application' of the concepts presented in them, this goal is very much in line with the creation of citizens who are not only aware of environmental processes but also concerned about it.
- The probability of finding environmental examples in these books (in the field of experimental sciences) is assumed to be much higher compared to books related to the humanities and art such History and Philosophy.

It is worth mentioning that the sections such as text, images, activities, exercises, and questions were considered as the context unit and topics related to environmental issues as the registration unit. In order to analyze the content of the data that was collected, first, the components related to environmental issues were extracted from reliable sources and organized in the form of a checklist. The data were, then, coded and categorized based on these components

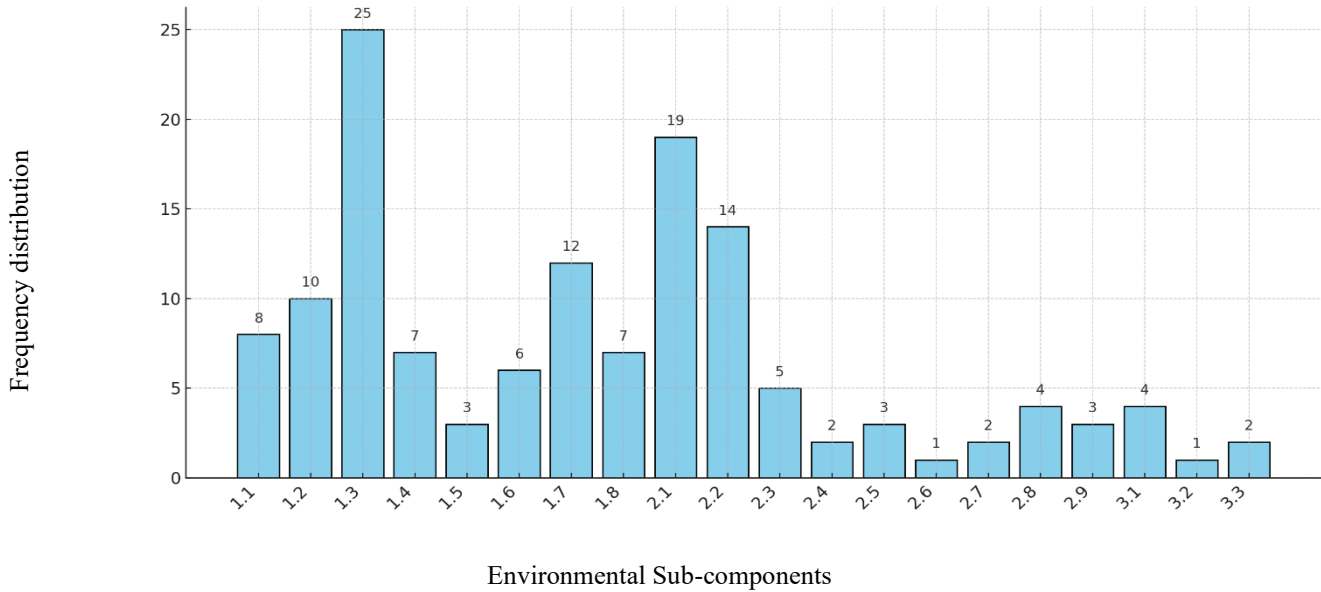
### Results and Discussion

First, all the components affecting environmental impacts were collected based on the objectives of Iranian textbooks and coded in Table 1. These components include 3 main components and 20 sub-components, which will be examined quantitatively and qualitatively in detail throughout the paper.

**Table 1- Analysis of interviews with participating teachers and analysis of codes.**

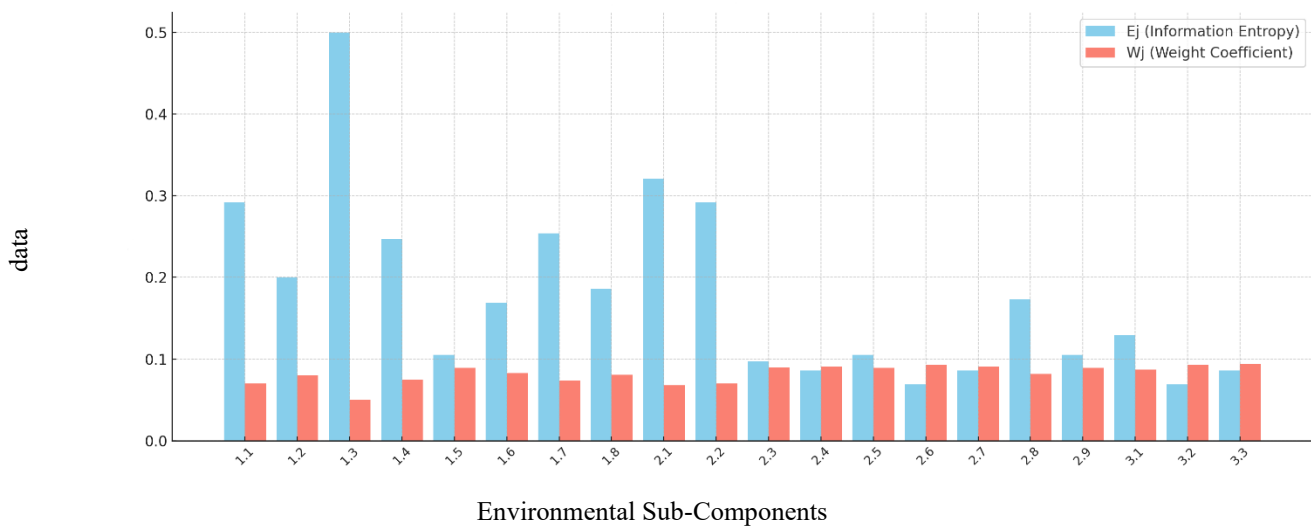
| Main components          | Coding | Sub-components  |
|--------------------------|--------|---|
| Environmental pollutants | 1.1    | Soil environmental pollutants                                       |
|                          | 1.2    | Water environmental pollutants                                      |
|                          | 1.3    | Air environmental pollutants  |
|                          | 1.4    | Noise environmental pollutants                                      |
|                          | 1.5    | Protection of natural resources                                     |
|                          | 1.6    | Valuation of recycling  |
|                          | 1.7    | The role of humans in the reproduction and control of pollutants    |
|                          | 1.8    | Impact on health  |
| Recycling                | 2.1    | Recycling technology  |
|                          | 2.2    | Waste disposal methods  |
|                          | 2.3    | Raw materials derived   |
|                          | 2.4    | Iterative recycling processes                                       |
|                          | 2.5    | Waste production sites  |
|                          | 2.6    | Creative product from waste recycling                               |
|                          | 2.7    | Personal duty of the recycling process                              |
|                          | 2.8    | Public duty in the recycling process                                |
|                          | 2.9    | The duty of the law and the government in Recycling Process         |
| Economic Studies         | 3.1    | Macroeconomic Policy in Disposal of Pollutants                      |
|                          | 3.2    | Impact of Pollutants on the Macroeconomic Market                    |
|                          | 3.3    | Impact of Pollutants on the Exploitation of the Country's Resources |

These components were examined in the three-year high school textbooks based on the method discussed in the previous section, and the frequency distribution of each can be seen in Figure 1.



**Figure 1- Comparison of the frequency distribution of environmental components in the second secondary school**

Now, by placing the frequencies in Figure 1 into Shannon’s entropy relations, the values of the information Entropy and the Weight coefficient of the environmental components of the books mentioned can be seen in Figure 2:



**Figure 2- Comparison of information Entropy and the Weight coefficients of environmental sub-components in specialized books for the second secondary school level**

**Conclusions**

Based on the Weight coefficient Shows in Figure 2, the results of the content analysis of the second secondary school basic science textbooks showed the most important components in this order:

- Air environmental pollutants
- Recycling technology
- Soil environmental pollutants
- Waste disposal methods
- Noise environmental pollutants and their role in the regeneration of pollutant control

According to the mentioned materials in the textbooks, despite their high importance coefficient, the impact of pollutants on the market macroeconomics, the creative product of waste recycling, and the role of the law and the government in the recycling process sub-components have been assigned a low information load and need to be prioritized in policymaking and conceptualization. In other words, increasing the role of the government in protecting the environment increases the level of so called 'responsibility' and 'demand' of students. For example, increasing the course content related to the impact of pollutants on the market macroeconomics causes students' attitudes to change from individual to social and the direct relationship of environmental concepts with the family economy in macro dimensions.

On the other hand, the results show that there is an acceptable overlap between the priorities of knowledge-based companies in the field of environment studies and the importance coefficient of environmental sub-components in textbooks. On the other hand, the results show that there is an acceptable overlap between the priorities of knowledge-based companies in the field of environment and the importance coefficient of environmental components in textbooks. This overlap has led us to suggest that the use of real and industrial examples can further shift the attitude away from passive education.

Finally, by gathering about 20 knowledge-based companies active in environmental research and development, a new idea was examined to be added to textbooks under the title of '**Looking to the Future**', including the following companies that are worth mentioning in this title:

- Construction of smart perimeter protection systems and electric fences by an Iranian knowledge-based company to preserve wildlife and natural resources,
- Construction of a dust monitoring device by a knowledge-based company,
- Construction of a polyethylene wastewater treatment device by a knowledge-based company.

# مطالعه دغدغه‌های محیط-زیستی کتاب‌های درسی متوسطه دوم و ارائه راهبرد معرفی ظرفیت شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در این حوزه در چارچوب «نگاهی به آینده» در کتب درسی شیمی

۱. محمدرضا محمودیان\*<sup>id</sup>: گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

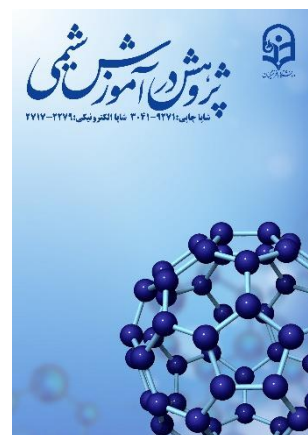
۲. زهرا حقیقی کفاش<sup>id</sup>: محقق پسادکتر، گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

\*پست الکترونیک نویسنده مسئول: mr.mahmoudian@cfu.ac.ir

## چکیده

**پیشینه و اهداف:** هدف از این پژوهش، مطالعه دغدغه‌های محیط-زیستی کتاب‌های درسی متوسطه دوم و ارائه راهبرد استفاده از ظرفیت شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در حوزه محیط-زیست در چارچوب نگاهی به آینده در کتب درسی شیمی است. **روش‌ها:** بر این اساس ابتدا، بررسی و تحلیل محتوای کتاب‌های تخصصی پایه متوسطه دوم از لحاظ توجه به ۳ مؤلفه کلی و ۲۰ مؤلفه جزئی زیست‌محیطی صورت گرفته است. در مرحله بعد با شناسایی شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در حوزه محیط-زیست، به بررسی میزان همپوشانی فعالیت‌های این دست شرکت‌ها با محتوای تحلیل شده کتاب‌های درسی پرداخته شد. **یافته‌ها:** نتایج نشان می‌دهد، مؤلفه‌های زیست‌محیطی که در کتاب‌های علوم پایه بخصوص در کتاب‌های شیمی آمده است، از لحاظ رتبه ضریب اهمیت با اولویت‌های شرکت‌های دانش‌بنیان همپوشانی داشته؛ ولی لزوماً در رتبه یکسانی قرار نمی‌گیرند. **نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج این پژوهش، کتاب‌های درسی می‌توانند، با ارائه چارچوبی به نام "نگاهی به آینده" نه تنها به معرفی نمونه‌هایی از فعالیت‌های شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در حوزه محیط-زیست بر مبنای تحلیلی که در این پروژه انجام شده است، بلکه وجود آن در کتب درسی یک نمونه عینی و انگیزشی خواهد بود. از طرفی نتایج، مبین آن است که توجه متوازی در کتاب‌های درسی به مؤلفه‌های زیست‌محیطی نشده است.

**کلیدواژه‌گان:** آموزش محیط-زیست، آموزش علوم، تحلیل محتوا، انگیزش، شرکت‌های دانش‌بنیان.



نحوه استناددهی: محمودیان، محمدرضا، و حقیقی کفاش، زهرا. (۱۴۰۵). مطالعه دغدغه‌های محیط-زیستی کتاب‌های درسی متوسطه دوم و ارائه راهبرد معرفی ظرفیت شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در این حوزه در چارچوب «نگاهی به آینده» در کتب درسی شیمی. پژوهش در آموزش شیمی، ۸(۱)، ۷۴-۹۹.

DOI:

10.48310/chemedu.2025.18320.1307



## مقدمه

در دهه‌های اخیر مسائل زیست‌محیطی به بخشی از مهم‌ترین نگرانی‌های عمده انسان معاصر تبدیل شده است. مطابق با اصل پنجاهم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، حفاظت از محیط‌زیست، یک وظیفه ملی است که در آن ضروری است که نسل کنونی و نسل‌های آینده از زندگی اجتماعی رو به رشدی برخوردار باشند؛ این امر نیازمند مشارکت همه افراد جامعه است (رمضانی سوام آبادی، ۱۳۹۲). یکی از دلایل شکل‌گیری دغدغه‌های زیست‌محیطی، عدم وجود آگاهی و الگوهای شایسته زیست‌محیطی ماست (لیو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ تانر و کست<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳). همگان بر این مسئله توافق دارند که آموزش و پرورش به‌عنوان مهم‌ترین ابزار، می‌تواند آگاهی و مسئولیت‌پذیری افراد را افزایش دهد و زمینه را برای اجرای قوانین و اخلاق محیط‌زیستی فراهم نماید (پالمر، ۱۳۹۰). همچنین با توجه به اینکه آموزش، یکی از کلیدهای اصلی تغییر نگرش‌ها و رفتارها است، می‌توان نتیجه گرفت که برای تحقق اهداف سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ نیز باید به آموزش محیط‌زیست در تمام سطوح توجه ویژه‌ای شود (شیخ‌الاسلامی بورقانی و شبیری، ۱۳۹۵). آموزش محیط‌زیست، پایه و اساس حفاظت از محیط‌زیست به شمار می‌رود که با هدف بالابردن سطح آگاهی‌های زیست‌محیطی در جامعه، به دنبال دستیابی به شایسته‌ترین روش‌ها و ساختارها جهت ارائه مطالب و اجرای فعالیت‌های زیست‌محیطی است؛ تا از این طریق، ایجاد نگرش، ارزش و باورهای صحیح، در افراد حس مسئولیت‌پذیری نسبت به اکوسیستم را به وجود آورد (یانگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۲).

برای دستیابی به این هدف، استفاده از الگوهای ذکر شده بر روی کتاب‌های درسی با رویکرد کاربردی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (ابراهیم صالح عمران و همکاران، ۱۳۹۵)؛ زیرا گنجاندن مفاهیم و عناصر آموزش محیط‌زیست در مفاهیم درسی مقاطع مختلف تحصیلی، موجب می‌گردد که دانش‌آموزان از آغاز تا دوران شکل‌گیری شخصیت، حفظ محیط‌زیست را نه به شکل آموختن یک درس بلکه به شکلی عمیق‌تر با تمرکز بر نهادینه شدن مفاهیم مرتبط با مسئولیت انسانی و درک وظیفه برای حفظ آینده‌ی کره زمین یادگیرند. به عبارتی با در نظر گرفتن کتاب‌های درسی، به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین ابزارهای آموزشی که نقش کلیدی در شکل‌دهی نگرش‌ها، ارزش‌ها و رفتارهای دانش‌آموزان دارند، می‌توان با گنجاندن دغدغه‌های زیست‌محیطی، دانش‌آموزان را نسبت به مسائل به روز زیست‌محیطی و مسئولیت‌های آن‌ها آگاه کرده و آن‌ها را برای ایفای نقش فعال در حفاظت از محیط‌زیست آماده کرد.

نکته حائز اهمیت دیگر آن است که در جامعه کنونی و با بهره‌گیری از چشم‌انداز آموزش و پرورش نوین و کاربردی، آموزش محیط‌زیست تنها نباید به ارائه اطلاعات نظری محدود شود، بلکه لازم است تا فرصتی فراهم گردد تا دانش‌آموزان در کنار آموزش مبانی نظری، دانش و مهارت‌های خود را در عمل به کار برند و با شناخت فعالیت‌های عملی، ارتباط بین نظریه و عمل را درک نمایند (نیرو و حاجی حسین‌نژاد، ۱۳۹۱؛ نصار<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۴). علاوه بر این، اتخاذ نگرش علوم فناوری جامعه محیط‌زیست<sup>۵</sup> در آموزش علوم با هدف دستیابی تربیت افرادی که توانایی زیستن در جامعه‌ای روبه‌توسعه و پیشرفت را داشته باشند، مستلزم آن است که آموزش‌ها، به‌ویژه آموزش علوم، در جهت افزایش و بهبود درک و بینش جامع دانش‌آموزان از تأثیرات علم و فناوری بر جامعه و محیط‌زیست هدایت شوند و همچنین مهارت‌های لازم را برای پیشگیری یا حل چالش‌های زیست‌محیطی پیشرو را کسب نمایند (بازوبندی و همکاران، ۱۴۰۱).

<sup>1</sup> Liu

<sup>2</sup> Tanner & Kast

<sup>3</sup> Yang

<sup>4</sup> Nassar

<sup>5</sup> (STSE) Science-Technology-Society-Environment

یکی از عوامل تأثیرگذار در هر برنامه درسی، محتوا است که نقش مهمی در دستیابی به اهداف آموزشی از جمله تحقق یادگیری، ایفا می‌کند. از موضوعات مورد توجه کارشناسان برنامه‌ریزی درسی، انتخاب محتوای مناسب است که با اهداف آموزشی همخوانی داشته باشد که از این طریق بتوان به یادگیری مؤثر و پایدار دست‌یافت (السامرای و الدهلکی<sup>۱</sup>، ۲۰۲۲؛ الهامده<sup>۲</sup>، ۲۰۱۹؛ اسدی، ۱۳۹۵).

مطالعات متعددی نشان می‌دهند که ارزیابی و انتخاب محتوای مناسب، نقش حیاتی در توسعه و اجرای موفقیت‌آمیز اهداف کتاب‌های درسی دارد. برای نمونه، در پژوهش شکل گرفته در سال ۲۰۱۹، محتوای برنامه درسی از دیدگاه معلمان بررسی شده و به‌ویژه به جنبه‌هایی نظیر شیوه ارائه مطالب علمی و کیفیت بیان مورد استفاده در محتوا پرداخته شد (الهامده، ۲۰۱۹)؛ در نهایت، می‌توان اظهار داشت که تربیت نسلی باسواد از جنبه زیست‌محیطی مستلزم برنامه‌ریزی درسی اصولی و محتوایی غنی و هدفمند است (بویدن<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۳؛ براچ<sup>۴</sup>، ۲۰۱۷).

علاوه بر این، تعاملات نامناسب نیز منجر به آسیب غیرقابل جبران به فرایندهای زیست‌محیطی شده است؛ پژوهش‌های اخیر بر پیچیدگی رابطه انسان و محیط‌زیست تأکید دارند (نوبری، ۲۰۲۰). شهروندی با سواد از لحاظ زیست‌محیطی، رابطه‌ای تنگاتنگ با رفتارهای زیست‌محیطی افراد دارد و نشان می‌دهد که از طریق آموزش و چارچوب‌های قانونی و نهادی می‌توان الگوهای مصرف‌سازگار با ارزش‌های زیست‌محیطی را گسترش داد (لاله پور و همکاران، ۲۰۲۱).

در طول ۲۵ سال گذشته، تحقیقات در ارتباط با تولید، محتوا، دامنه، نوع طراحی و رویکرد آموزش محیط-زیست به سرعت افزایش یافته است (استیونسون<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۳؛ ریکینسون<sup>۶</sup>، ۲۰۰۱؛ آردوین<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). صاحب‌نظران بر اهمیت آموزش محیط-زیست در شکل‌دهی نگرش‌ها و رفتارهای حفاظت از محیط-زیست و استفاده از روش‌های نوین آموزشی همراه با الگوهای کاربردی در زمینه‌های مختلف آموزشی تأکید می‌کنند.

یعقوبی (۱۳۸۴)، نشان داد که نظام آموزشی با وجود عملکرد موفق در انتقال دانش به دانش‌آموزان، اما در ایجاد درک عمیق و تفکر انتقادی در ارتباط با موضوعاتی همچون محیط-زیست، ناکام مانده است. به گفته‌ی او، محتوای آموزشی موجود نه‌تنها از نظر حجم، بلکه از نظر کیفیت نیز باهدف شکل‌دهی نگرش‌های زیست‌محیطی دانش‌آموزان کافی نمی‌باشد. نویسنده پیشنهاد می‌کند که در جهت رفع این مشکل، ضروری است تا محتوای آموزشی به‌گونه‌ای بازنگری شود که دانش‌آموزان را با وسعت و اهمیت اکوسیستم ایران آشنا کرده و آن‌ها را برای مشارکت فعال در حفاظت از محیط-زیست آماده کند. علاوه‌برآن لازم است تا برنامه‌های آموزشی به نیازهای روزافزون جامعه و تغییرات جهانی پاسخگو بوده و به سمت تحقق اهداف کلی آموزش محیط-زیست حرکت کنند. در مطالعه دیگری که توسط نیری (۱۳۹۹)، انجام شد بر عدم کفایت و لزوم بررسی محتوای آموزشی فعلی در ایران از نظر کمیت و کیفیت باهدف توسعه مؤثر دیدگاه‌های زیست‌محیطی دانش‌آموزان تأکید شده است. گندمی و همکاران (۱۳۹۹)، نشان دادند که توان‌بخشی شناختی متمرکز بر عملکردهای اجرایی و فعال، می‌تواند عملکرد تحصیلی را در دانش‌آموزان همراه با یادگیری آهسته، بهبود بخشد. نتایج بررسی بختیاری خواه (۱۳۹۹)، نیز مبین آن است که بازنگری محتوای آموزشی

<sup>1</sup> Al-Samarrai & Al-Dahlaki

<sup>2</sup> Elhamedah

<sup>3</sup> Boyden

<sup>4</sup> Brach

<sup>5</sup> Stevenson

<sup>6</sup> Rickinson

<sup>7</sup> Ardoin

و گنجانیدن مباحث مرتبط با محیط-زیست ایران، می‌تواند شرایط را جهت مشارکت فعال دانش‌آموزان در حفاظت از محیط-زیست و ایجاد جامعه‌ای پایدار فراهم سازد. این امر به‌ویژه باتوجه‌به تغییرات سریع اکوسیستم پیشرو و نیازهای روزافزون جامعه اهمیت دوچندان می‌یابد.

ون دی وترینگ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۲)، به بررسی نقش آموزش زیست‌محیطی در شکل‌دهی نگرش‌ها و رفتارهای مرتبط با حفاظت از محیط-زیست در بازه سنی مختلف، پرداخت. این مطالعه نشان داد که برنامه‌های آموزش محیط-زیست به طور قابل‌توجهی دانش، نگرش، باور و رفتار زیست‌محیطی را در سنین کودکی و نوجوانی بهبود می‌بخشد. نتایج پژوهش دیگری که توسط ژانگ<sup>۲</sup> (۲۰۲۳)، صورت پذیرفت، بر اهمیت آموزش محیط-زیست همراه با فعالیت‌های عملی و الگوهای کاربردی باهدف آگاهی و درک هر چه مؤثرتر مسائل زیست‌محیطی در سنین پایین تأکید می‌کند. علاوه بر این نتایج مطالعه لاماناسکاس<sup>۳</sup> (۲۰۲۳)، نیز موید آن است که آموزش محیط-زیست در سنین پایین در جهت ایجاد نگرش و ارزش‌های مثبت نسبت به طبیعت و جهان اطراف، کمک به توسعه پایدار و رفاه جهانی از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است. این یافته‌ها پتانسیل بالقوه آموزش محیط-زیست را در ساخت آینده‌ای پایدارتر در کنار ایجاد مسئولیت زیست‌محیطی از سنین پایین برجسته می‌کند و بر نیاز به تحقیقات بیشتر برای شناسایی رویکردهای آموزشی و روش‌های ارزیابی موثر تأکید می‌کند.

از طرفی در بسیاری از تحقیقات پیشین، باوجود آنکه به بررسی محتوای کتاب‌های درسی از منظر دغدغه‌های زیست‌محیطی پرداخته شده‌است؛ اما، این تحقیقات معمولاً دارای محدودیت‌هایی همچون نگاه کلی و عدم تمرکز بر حوزه‌های تخصصی بومی، عدم توجه به ظرفیت شرکت‌های دانش‌بنیان و فقدان رویکرد آینده‌نگرانه هستند.

نکته حائز اهمیت دیگر آن است که باتوجه‌به معضلات و مشکلات زیست‌محیطی که گریبان‌گیر جامعه حال حاضر است و رویکرد بنیادین در جهت رفع آثار زیان‌بار مسئله پیشروی، نیازمند اصلاح و تغییر هنجارهای مخرب زیست‌محیطی است. یکی از راه‌های دستیابی به این مهم، توسعه آموزش فعال، بهره‌گیری از مثال‌های کاربردی و عملکردهای مبتنی بر دانش باهدف افزایش آگاهی و کاهش معضلات زیست‌محیطی موجود در مدارس است. از تأثیرات مثبت و روبه‌رشد این رویکرد می‌توان به ۱- بحث اجتماعی و کاهش آثار سوء ناشی از آلودگی‌های زیست‌محیطی و عواقب جبران‌ناپذیری آن ۲- معرفی و افزایش آگاهی دانش‌آموزان در ارتباط با مؤسسات و شرکت‌هایی که با دیدگاه دانش‌محور فعالیت می‌کنند ۳- ایجاد غرور ملی در میان دانش‌آموزان به‌عنوان آینده‌سازان کشور، اشاره کرد. در این تحقیق تلاش شده است تا در مرحله اول، میزان اهمیت حوزه‌های مختلف زیست‌محیطی مطرح شده در کتاب‌های درسی علوم پایه، پایه متوسطه دوم با استفاده از روش آنتروپی شانون مورد مطالعه قرار گیرد و در مرحله دوم، با شناسایی شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در حوزه محیط-زیست و مطالعه فعالیت آن‌ها بدون ذکر نام شرکت، پیشنهادی برای ارائه آن فعالیت‌ها در قالب "نگاهی به آینده" به طراحی محتوایی متناسب با حوزه فعالیت محیط-زیستی آن شرکت‌ها باتوجه‌به همپوشانی با محتوای کتاب درسی در پایه مورد نظر مطرح گردد. امید است قالب "نگاه به آینده" در چاپ‌های آینده کتاب‌های درسی مطرح و منجر به ایجاد امید در دانش‌آموزان گردد.

<sup>1</sup> Van de wetering

<sup>2</sup> Zhang

<sup>3</sup> Lamanuskas

## پیشینه پژوهش

باتوجه به افزایش روزافزون مشکلات محیط-زیستی و نیاز اساسی افزایش آگاهی عمومی، آموزش زیست‌محیطی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای توسعه پایدار و تغییر رفتارهای مرتبط با حفاظت از محیط-زیست مطرح شده است (یونسکو<sup>۱</sup>، ۲۰۲۲). برطبق گزارش‌های یونسکو، استفاده از مفاهیم زیست‌محیطی فعال در برنامه‌های درسی، سبب بهبود بینش دانش‌آموزان از معضلات جهانی مانند تغییرات اقلیمی، آلودگی‌های زیست‌محیطی و مدیریت منابع طبیعی می‌گردد (بانک جهانی<sup>۲</sup>، ۲۰۲۳).

در این راستا، کتب درسی به‌ویژه در مقاطع متوسطه، نقش ویژه‌ای در جهت ارتقای دانش و انگیزه‌های زیست‌محیطی دانش‌آموزان ایفا می‌کنند. کتاب‌های درسی یکی از منابع آموزشی معتبر و بااهمیت در سیستم‌های آموزشی متمرکز است. معلمان باتکیه بر محتوا و ارزش‌های چنین منبع جامعی، روند یاددهی و یادگیری را مدیریت می‌کنند (داداش‌زاده و حقیقت، ۱۴۰۳). باتوجه به مطالب بالا و موقعیت ارزشمندی که آموزش عالی در بهبود توسعه پایدار فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی کشورمان ایفا می‌نماید، توجه و ارزشیابی مداوم محتوای کتب درسی به‌عنوان بانک اطلاعاتی آموزشی کلیدی که در اختیار معلمان قرار دارد، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (جوشقانی، ۱۴۰۳). تحقیقات نشان می‌دهد که کتاب‌های درسی بسته به نحوه رویارویی با پیش‌فرض‌های نادرست و ارائه مفاهیم اولیه مرتبط، می‌توانند، سبب ترویج یا مانع توسعه مفهومی مسائل زیست‌محیطی همچون تغییرات آب و هوایی شوند (چوی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). به عبارتی، محتوای مؤثر کتاب‌های درسی می‌تواند، با پیوند دانش نظری به چالش‌های عملی زیست‌محیطی و سناریوهای دنیای واقعی، تأثیرات انسانی و راه‌حل‌های نوآورانه، دانش‌آموزان را به تفکری پویا و آوار نمایند (واینر و دیسال<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰).

ارتقای جنبه‌های انگیزشی کتاب‌های درسی علوم پایه متوسطه باهدف جلب مشارکت فعال دانش‌آموزان در مسائل زیست‌محیطی، به‌ویژه مسائل مرتبط با آلودگی‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ درحالی‌که ترکیب دانش و راهکارهای نوآورانه ارائه شده توسط شرکت‌های دانش‌بنیان به شکل قابل توجهی در یادگیری مؤثرتر خواهد بود. مطالعات بسیاری نیز بر اهمیت سواد علمی در کتاب‌های درسی، نقش شیوه‌های عملی شرکت‌ها در مدیریت محیط-زیست و پیامدهای ناشی از آن بر محتوای آموزشی تأکید می‌کنند. به‌عنوان مثال، لی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۲۳) بر اهمیت ویژه آگاهی دانش‌آموزان از مسائل زیست‌محیطی و تأثیر عواملی همچون، آموزش مبتنی بر تحقیق و راهنمایی معلم در افزایش کارایی آن‌ها در علم تأکید کردند. به همین ترتیب هادیجورجیو<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۵) نیز بر ضرورت ترکیب زیبایی‌شناسی طبیعت در آموزش علوم و ایجاد ارتباط معنادار و عمیق با مسائل زیست‌محیطی در جهت برقراری تعامل سازنده، تأکید کرد.

نکته حائز اهمیت دیگر ضرورت پرداختن به چهار بعد سواد علمی در کتاب‌های علوم پایه متوسطه است که در برگرفته: دانش، تحقیق، استدلال و تعامل علم با فناوری و جامعه است. مونیاتی<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۲۳) بر ضرورت انتقال دانش علمی توسط کتاب‌های درسی به دانش‌آموزان در کنار درک پیامدهای آن دانش و

<sup>1</sup> UNESCO

<sup>2</sup> World Bank

<sup>3</sup> Choi

<sup>4</sup> Wyner & DeSalle

<sup>5</sup> Lee

<sup>6</sup> Hadzigeorgiou

<sup>7</sup> Murniati

جنبه‌های واقعی همچون مسائل زیست‌محیطی تأکید می‌کند. کُتو و سافیرا<sup>۱</sup> (۲۰۲۴) نیز خاطر نشان کردند که در اکثر موارد، کتاب‌های درسی تنها به‌عنوان یک مجموعه اطلاعات در نظر گرفته می‌شوند؛ در حالی که به جنبه‌های حیاتی، از جمله پژوهش‌های علمی و پیامدهای اجتماعی دربردارنده آن‌ها توجه مناسبی نشده است. علاوه بر این مطالعه، چیچک شنتورک و سلوی<sup>۲</sup> (۲۰۱۹) نیز سبب توسعه میزان انگیزه محیط-زیست پایه متوسطه<sup>۳</sup> برای تجزیه و تحلیل انگیزه‌های دانش‌آموزان نسبت به مسائل زیست‌محیطی شد. این مطالعه بر اهمیت نقش انگیزه‌های درونی و بیرونی در تقویت آگاهی زیست‌محیطی دانش‌آموزان تأکید کرد. به عبارتی افزایش سطح انگیزه همراه با علاقه بالا برای شرکت در فعالیت‌های یادگیری رابطه مستقیم دارد و این امر می‌تواند به شکل گنجاندن نمونه‌های واقعی از فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان مورد استفاده قرار گیرد (پالمر<sup>۴</sup>، ۲۰۰۵). به‌طور کلی این مطالعات مبین آن است که ایجاد ارتباط بین فعالیت‌های زندگی روزمره در مواجهه با تأثیرات اکولوژیکی، یادگیری دانش‌آموزان را بهبود می‌بخشد. از طرفی کتاب‌های درسی با شناساندن چگونگی توسعه راه‌حل‌های این شرکت‌ها در جهت مقابله با مشکلات زیست‌محیطی، می‌توانند دانش زیست‌محیطی را برای دانش‌آموزان ملموس‌تر و جذاب‌تر کنند (واینر و دسال<sup>۵</sup>، ۲۰۱۰). در مطالعه‌ای دیگر اسلامی و شریفی به بررسی روش‌های آموزش مبتنی بر فعالیت‌های عملی در مدارس پرداخته و تأثیر مثبت آن را بر افزایش انگیزه و دانش زیست‌محیطی دانش‌آموزان نشان داده‌اند (اسلامی و شریفی، ۱۴۰۰). نکته حائز اهمیت آن بود که بررسی تحقیقات داخلی نشان می‌دهد که محتوای کتب درسی در مقاطع مختلف تحصیلی نیازمند بازنگری و به‌روزرسانی بر اساس استانداردهای زیست‌محیطی است. در همین ارتباط ملکی و صالحی در پژوهش خود به تحلیل کتب علوم تجربی پایه متوسطه دوم پرداخته و نشان داده‌اند که بسیاری از مفاهیم زیست‌محیطی به‌طور سطحی و ناکافی مورد بحث قرار گرفته‌اند (ملکی و صالحی، ۱۳۹۸). در مطالعه دیگر حسینی و امانی با تجزیه و تحلیل کتاب‌های درسی شیمی نشان دادند که پوشش موضوعات زیست‌محیطی، به‌ویژه در تصاویر، محدود است (حسینی و امانی، ۱۳۹۹).

با توجه به مطالب ذکر گردیده، پیشرفت‌های اخیر در زمینه حفظ محیط-زیست، ضرورت آگاهی از این تغییر و تحولات، تبادل نظرات و ایجاد امید برای آینده‌سازان این مرزوبوم که زمینه عبور آرام و مطمئن کشور و ارتقای جایگاه آن در این دریای موج تغییر و تحولات جهانی را برعهده دارند و باتوجه به نقش ارزشمندی که شرکت‌های دانش‌بنیان در بهبود اقتصادی و توسعه راه‌حل‌های نوآورانه در کشور ایفا می‌کنند، گنجاندن نمونه‌هایی از توانمندی‌های این شرکت‌ها در کتاب‌های درسی علاوه بر نشان‌دادن کاربردهای عملی علم محیط-زیست، توانایی آن را دارد که به‌طور بالقوه در ایجاد انگیزه و حس مطالبه‌گری دانش‌آموزان نقش به‌سزایی داشته باشد. این رویکرد با موضوع پایداری که در بسیاری از کتاب‌های درسی علوم زیست‌محیطی مورد تأکید، همسو است و بر سرمایه طبیعی، تخریب، راه‌حل‌ها و اقدامات فردی تمرکز دارد.

<sup>1</sup> Koto & Safhira

<sup>2</sup> Çiçek-Şentürk & Selvi

<sup>3</sup> Secondary School Environment Motivation Scale (SSEMS)

<sup>4</sup> Palmer

<sup>5</sup> Wyner & DeSalle

## روش پژوهش

با توجه به رویکردهای استفاده شده در دهه‌های اخیر، رویکردی غالباً غیرپارامتری حاکم بوده است، با این حال به دلیل پیشرفت‌های سریع در زمینه یادگیری ماشین و هوش مصنوعی، امروزه به طور قابل توجهی، رویکرد پارامتری غالب شده است (بیسیکالو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۳)؛ به همین دلیل در این پژوهش به منظور بررسی و تحلیل محتوای کتاب‌های تخصصی پایه دوم متوسطه از منظر توجه به مؤلفه‌های اصلی زیست‌محیطی همچون آلاینده‌های زیست‌محیطی، بازیافت و مطالعات اقتصادی از روش تحلیل محتوای کمی مبتنی بر مدل آنتروپی شانون استفاده شد.

پژوهش حاضر از نظر هدف، مطالعه‌ای کاربردی و از نظر گردآوری و نوع مطالعات انجام شده بر روی داده‌ها، مطالعه کمی-کیفی است؛ به این ترتیب که در مرحله کمی، تمامی داده‌های گردآوری شده از تحلیل محتوای کتب درسی به روش آنتروپی شانون، خلاصه شده و در نهایت در مرحله کیفی با روش توصیفی - کتابخانه‌ای انواع این مولفه‌ها با اهداف و محصولات شرکت‌های دانش‌بنیان منطبق شده است.

آنتروپی شانون به عنوان معیاری جهت عدم قطعیت ما نسبت به ویژگی‌های یک سیستم به کار می‌رود که نه تنها ماهیت احتمالاتی پارامترهای مدل تصادفی را در بر می‌گیرد، بلکه تداخل‌هایی را که مختل‌کننده‌ی نتایج اندازه‌گیری این پارامترها هستند، نیز مدنظر قرار می‌دهد. این رویکرد امکان تعیین بهترین تخمین‌های پارامترها را فراهم می‌کند که حداکثر عدم قطعیت را بر اساس واحد آنتروپی منعکس می‌کنند و بازتاب‌دهنده تغییرپذیری ذاتی در اندازه‌گیری‌ها است. به عبارت دیگر، این مدل به دلیل بهره‌مندی از نظریه سیستم‌ها، از ساختار ریاضی قوی و قابلیت ارزیابی میزان عدم اطمینان در توزیع داده‌ها، روشی کارآمد جهت تعیین اهمیت نسبی مؤلفه‌های مختلف محسوب می‌شود (آخونی پورحسینی و ابراهیمی، ۱۳۹۸).

جامعه آماری این بررسی شامل کتاب‌های اصلی سه سال متوسطه دوم رشته علوم تجربی از جمله کتاب‌های شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی، ریاضی و انسان محیط-زیست است. انتخاب این کتاب‌های آموزشی و عنوان آن‌ها برپایه دو دلیل اصلی صورت گرفته است:

- جهت‌گیری گروه‌های نویسندگان و سیاست‌گذاران این نوع کتاب‌ها به سمت کاربردی کردن مفاهیم مطرح شده در آنهاست، این هدف، مطابقت بسیار زیادی با ایجاد نه تنها شهروند آگاه با فرآیندهای زیست‌محیطی، بلکه دغدغه‌مند دارد.
- احتمال یافتن مثال‌های محیط زیستی در این کتاب‌ها (رشته علوم تجربی) در مقایسه با کتاب‌های مرتبط با علوم انسانی بسیار بیشتر فرض شده است. کتاب‌های درسی دیگر مانند ادبیات، تاریخ و غیره به دلیل عدم ارتباط محتوایی، تکرار مفاهیم و محدودیت حجم داده از جامعه آماری حذف شدند. شایان‌ذکر است که بخش‌هایی نظیر متن، تصاویر، فعالیت‌ها، تمرین‌ها و پرسش‌ها به عنوان واحد زمینه و موضوعات مرتبط با مسائل زیست‌محیطی واحد ثبت در نظر گرفته شد (جدول ۱).

به منظور تحلیل محتوای داده‌ها، نخست مؤلفه‌های مرتبط با مسائل زیست‌محیطی از منابع معتبر استخراج و در قالب چک‌لیستی تنظیم شد. سپس داده‌ها بر اساس این مؤلفه‌ها کدگذاری و تقسیم‌بندی شدند.

<sup>1</sup> Bisikalo

مراحل انجام عملیات:

۱- باهدف محاسبه فراوانی و نرمال‌سازی داده‌ها، فراوانی مطلق هر مؤلفه در بخش‌های مختلف محاسبه شد. با استفاده از رابطه (۱) این فراوانی‌ها نرمال‌سازی شدند:

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

در رابطه بالا  $P_{ij}$  بیانگر فراوانی نرمال‌شده و  $X_{ij}$  فراوانی مطلق مؤلفه  $i$  در گروه  $j$  است.

۲- سپس برای تعیین میزان بار اطلاعاتی هر مؤلفه، رابطه (۲) به کار گرفته شد:

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

در رابطه بالا،  $K = \frac{1}{\ln m}$  یک ثابت نرمال‌کننده است و  $E_{ij}$  بار اطلاعاتی مؤلفه  $j$  است.

۳- در مرحله پایانی، برای محاسبه ضریب اهمیت هر مؤلفه با استفاده از بار اطلاعاتی آن و میزان آنتروپی، از رابطه (۳) استفاده شد:

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

باید ذکر کنیم، مؤلفه‌هایی که ضریب اهمیت بالاتری ( $W_j$ ) داشتند، به‌عنوان عوامل کلیدی در توجه به مسائل زیست‌محیطی شناسایی شدند. با توجه به نتایج

حاصل به مقایسه ضرایب اهمیت پرداخته شد.

جدول ۱- توزیع فراوانی کتاب‌های تخصصی پایه متوسطه دوم به تفکیک مقطع برحسب تعداد فصل‌ها و صفحات

| دروس              | پایه    | تعداد فصل | تعداد صفحات |
|-------------------|---------|-----------|-------------|
| شیمی              | دهم     | ۳         | ۱۴۴         |
|                   | یازدهم  | ۳         | ۱۴۴         |
|                   | دوازدهم | ۴         | ۱۶۰         |
| زیست‌شناسی        | دهم     | ۷         | ۱۹۲         |
|                   | یازدهم  | ۹         | ۲۳۲         |
|                   | دوازدهم | ۸         | ۲۴۰         |
| فیزیک             | دهم     | ۴         | ۱۵۶         |
|                   | یازدهم  | ۴         | ۱۵۶         |
|                   | دوازدهم | ۴         | ۱۶۸         |
| ریاضی             | دهم     | ۷         | ۲۴۰         |
|                   | یازدهم  | ۷         | ۲۴۰         |
|                   | دوازدهم | ۷         | ۲۵۶         |
| انسان و محیط-زیست | یازدهم  | ۷ درس     | ۱۱۲         |

## یافته‌ها

با هدف بررسی میزان توجه به مؤلفه‌های زیست‌محیطی، با نگاهی جامع و بهره‌گیری از نظر صاحب‌نظران حوزه محیط-زیست (میلر<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷؛ دبیری، ۱۳۸۲)، ۳ مؤلفه آموزش زیست‌محیطی اصلی و ۲۰ مؤلفه فرعی طبقه‌بندی و کدگذاری شدند (جدول ۲). نتایج حاصل از تحلیل محتوای اجزای اصلی این پژوهش که شامل مجموع صفحات (متن، تمرین‌ها، فعالیت‌ها، پرسش‌ها و تصاویر) کتاب‌های درسی تخصصی پایه متوسطه دوم مورد بررسی و کاوشگری قرار گرفت سپس با استفاده از روش تحلیل محتوا، میزان و درصد فراوانی هر یک از مؤلفه‌های زیست‌محیطی مورد نظر، در فصل‌های مختلف کتاب‌های درسی پایه متوسطه دوم استخراج و در فهرست‌های واریسی مخصوص ثبت شد. سپس، از طریق روش آنتروپی شانون، ضریب اهمیت هر مؤلفه تعیین و بر اساس ۵ سؤال تحلیل کیفی انجام گرفت.

سوال ۱- مؤلفه‌های آموزش محیط-زیست در کتاب‌های تخصصی پایه دهم از نظر میزان و درصد فراوانی به چه صورت است؟ کدام مؤلفه بالاترین فراوانی و کدام مؤلفه کمترین فراوانی را داراست؟

جدول ۲- کدگذاری مؤلفه‌های آموزش محیط-زیست اصلی و فرعی کتب تخصصی پایه دوم متوسطه

| مؤلفه‌های اصلی         | کدگذاری | مؤلفه‌های فرعی                                |                                     |
|------------------------|---------|---|-------------------------------------|
| آلاینده‌های زیست‌محیطی | ۱/۱     | آلاینده‌های محیط-زیستی خاک                    |                                     |
|                        | ۱/۲     | آلاینده‌های محیط-زیستی آب                     |                                     |
|                        | ۱/۳     | آلاینده‌های محیط-زیستی هوا                    |                                     |
|                        | ۱/۴     | آلاینده‌های محیط-زیستی صوت                    |                                     |
|                        | ۱/۵     | حفاظت از منابع طبیعی                          |                                     |
|                        | ۱/۶     | ارزش گذاری بازیافت                            |                                     |
|                        | ۱/۷     | نقش انسان در بازتولید و کنترل آلاینده‌ها      |                                     |
|                        | ۱/۸     | تأثیر بر سلامت                                |                                     |
|                        | بازیافت | ۲/۱   | فناوری بازیافت                      |
|                        |         | ۲/۲   | روش‌های دفع زباله                   |
| ۲/۳                    |         | مواد خام برگرفته شده                          |                                     |
| ۲/۴                    |         | فرایندهای تکرارشونده بازیافت                  |                                     |
| ۲/۵                    |         | محل‌های تولید زباله                           |                                     |
| ۲/۶                    |         | محصول خلاقانه از بازیافت زباله                |                                     |
| ۲/۷                    |         | وظیفه شخصی از فرایند بازیافت                  |                                     |
| ۲/۸                    |         | وظیفه عمومی در فرایند بازیافت                 |                                     |
| ۲/۹                    |         | وظیفه قانون و دولت در فرایند بازیافت          |                                     |
| مطالعات اقتصادی        |         | ۳/۱   | سیاست اقتصاد کلان در دفع آلاینده‌ها |
|                        | ۳/۲     | تأثیر آلاینده‌ها بر اقتصاد کلان بازار         |                                     |
|                        | ۳/۳     | تأثیر آلاینده‌ها بر بهره‌برداری از منابع کشور |                                     |

<sup>1</sup> Miller

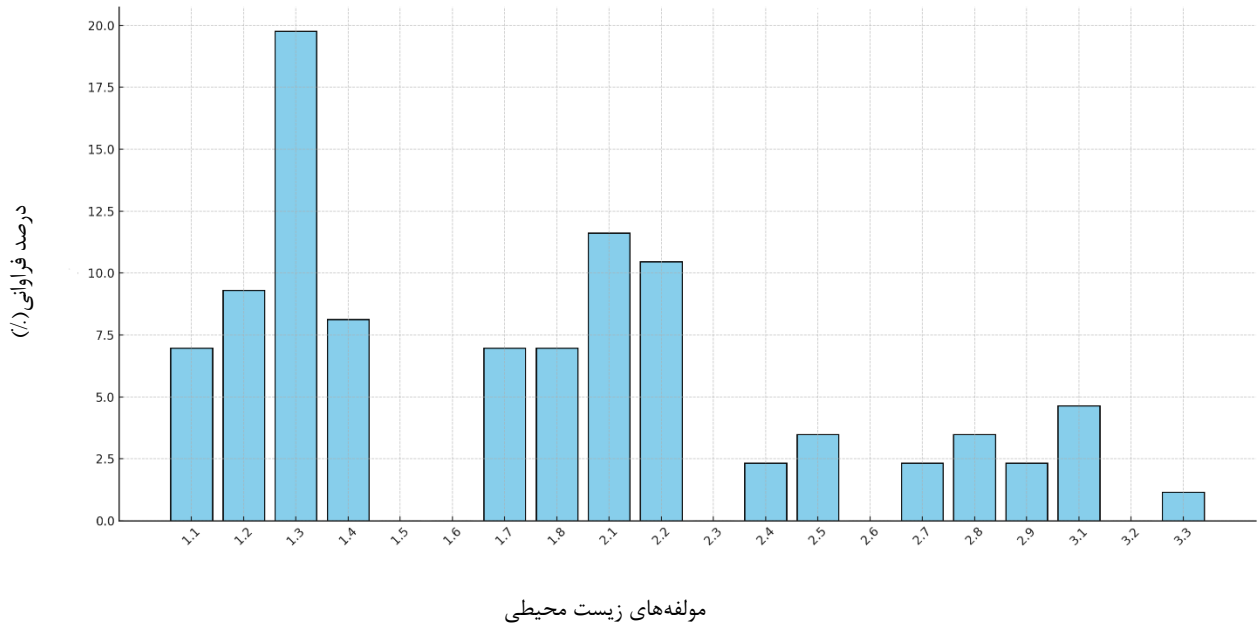


بازیافت، وظیفه قانون و دولت در فرایند بازیافت، سیاست اقتصاد کلان در دفع آلاینده‌ها، تأثیر آلاینده‌ها بر اقتصاد کلان بازار و تأثیر آلاینده‌ها بر بهره‌برداری از منابع کشور است (نمودار ۱). در پایه دهم بیشترین توجه به مؤلفه‌های زیست‌محیطی در کتاب شیمی و کمترین توجه به مؤلفه‌های آموزش محیط‌زیست در کتاب ریاضی است.

سوال ۲- مؤلفه‌های زیست‌محیطی در کتاب‌های تخصصی پایه یازدهم از نظر میزان و درصد فراوانی به چه صورت است؟ کدام مؤلفه بالاترین فراوانی و کدام مؤلفه کمترین فراوانی را داراست؟

جدول ۴ - توزیع فراوانی مؤلفه‌های زیست‌محیطی کتاب‌های تخصصی پایه یازدهم متوسطه

|      |                   | مؤلفه‌های آموزش محیط‌زیستی |      |      |      |      |     |      |     |     |       |       |      |      |     |     |      |       |      |      |    |
|------|-------------------|----------------------------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|-------|-------|------|------|-----|-----|------|-------|------|------|----|
|      |                   | ۳۳                         | ۳۲   | ۳۱   | ۲۹   | ۲۸   | ۲۷  | ۲۶   | ۲۵  | ۲۴  | ۲۳    | ۲۲    | ۲۱   | ۱۸   | ۱۷  | ۱۶  | ۱۵   | ۱۴    | ۱۳   | ۱۲   | ۱۱ |
| درسی | شیمی              | ۰                          | ۰    | ۰    | ۰    | ۱    | ۰   | ۰    | ۱   | ۰   | ۰     | ۶     | ۲    | ۰    | ۰   | ۰   | ۰    | ۰     | ۲    | ۰    | ۰  |
|      | ریاضی             | ۰                          | ۰    | ۰    | ۰    | ۰    | ۰   | ۰    | ۱   | ۰   | ۰     | ۰     | ۰    | ۰    | ۰   | ۰   | ۰    | ۰     | ۰    | ۰    | ۰  |
|      | زیست              | ۰                          | ۰    | ۰    | ۰    | ۰    | ۰   | ۰    | ۰   | ۰   | ۰     | ۰     | ۰    | ۰    | ۱   | ۰   | ۰    | ۰     | ۰    | ۰    | ۰  |
|      | فیزیک             | ۰                          | ۰    | ۰    | ۰    | ۰    | ۰   | ۰    | ۰   | ۰   | ۰     | ۰     | ۰    | ۰    | ۰   | ۰   | ۰    | ۱     | ۱    | ۰    | ۰  |
|      | انسان و محیط‌زیست | ۱                          | ۰    | ۴    | ۲    | ۳    | ۱   | ۰    | ۳   | ۰   | ۰     | ۹     | ۴    | ۴    | ۵   | ۰   | ۰    | ۳     | ۸    | ۴    | ۰  |
|      | جمع کل            | ۰                          | ۰    | ۰    | ۰    | ۱    | ۰   | ۱    | ۰   | ۰   | ۱     | ۵     | ۳    | ۰    | ۵   | ۱   | ۲    | ۱     | ۱۲   | ۲    | ۰  |
| درصد | ۱۱/۱              | ۰/۰                        | ۵۱/۳ | ۲۳/۳ | ۳۴/۹ | ۲۳/۳ | ۰/۰ | ۳۴/۹ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۱۰/۴۷ | ۱۱/۳۳ | ۶/۹۸ | ۶/۹۸ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۸/۱۴ | ۱۹/۷۷ | ۹/۳۰ | ۶/۹۸ |    |



نمودار ۲ - درصد فراوانی مؤلفه‌های زیست محیطی پایه یازدهم متوسطه

برطبق جدول شماره ۴، از مجموع بررسی و تحلیل ۸۸۴ صفحه کتاب‌های تخصصی پایه دهم پایه متوسطه دوم (شیمی، ریاضی، زیست، فیزیک و انسان و محیط-زیست)؛ بالاترین توزیع فراوانی (۱۲ فراوانی) با درصد فراوانی ۱۹,۷۷٪ مربوط به کد ۱,۳ با عنوان آلاینده‌های محیط-زیستی هوا و کمترین توزیع فراوانی (۰) و درصد فراوانی صفر مربوط به کدهای ۱,۵، ۱,۶، ۲,۳، ۲,۶ و ۳,۲ با عنوان حفاظت از منابع طبیعی، ارزش‌گذاری بازیافت، مواد خام برگرفته شده، محصول خلاقانه از بازیافت زباله و تأثیر آلاینده‌ها بر اقتصاد کلان بازار است (نمودار ۳). در پایه یازدهم بیشترین توجه به مؤلفه‌های آموزش محیط-زیست در کتاب انسان و محیط زیست و کمترین توجه به مؤلفه‌های آموزش زیست محیطی در کتاب ریاضی و زیست است.

سوال ۳- مؤلفه‌های آموزش زیست محیطی در کتاب‌های تخصصی پایه دوازدهم از نظر میزان و درصد فراوانی به چه صورت است؟ کدام مؤلفه بالاترین فراوانی و کدام مؤلفه کمترین فراوانی را داراست؟

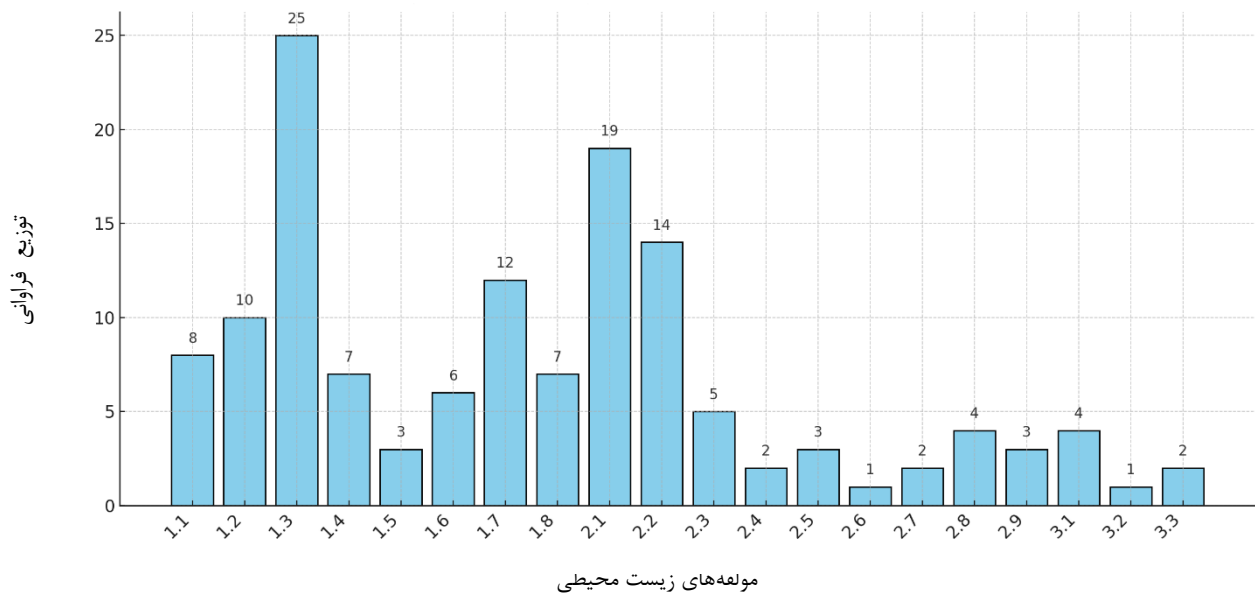
جدول ۵ - توزیع فراوانی مؤلفه‌های زیست محیطی کتاب‌های تخصصی پایه دوازدهم متوسطه

|     |       | مؤلفه‌های آموزش محیط‌زیست |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|     |       | ۳,۳                       | ۳,۲ | ۳,۱ | ۲,۹ | ۲,۸ | ۲,۷ | ۲,۶ | ۲,۵ | ۲,۴ | ۲,۳ | ۲,۲ | ۲,۱ | ۱,۸ | ۱,۷ | ۱,۶ | ۱,۵ | ۱,۴ | ۱,۳ | ۱,۲ | ۱,۱ |
| درس | شیمی  | ۰                         | ۴   | ۱   | ۲   | ۰   | ۵   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   |
|     | ریاضی | ۰                         | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   |
|     | زیست  | ۱                         | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۱   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   | ۰   |



جدول ۶ - مقادیر بار اطلاعاتی و ضریب اهمیت مؤلفه‌های زیست‌محیطی کتاب‌های تخصصی پایه متوسطه دوم

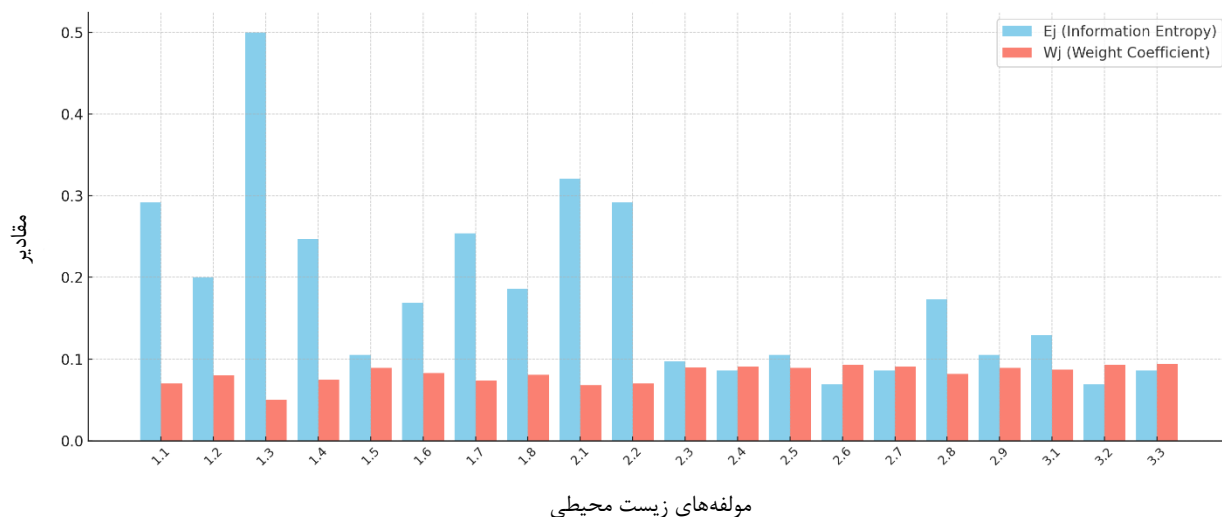
| مؤلفه‌های آموزش محیط‌زیست |                                |
|---------------------------|--------------------------------|
| شاخص                      | بار اطلاعاتی (E <sub>i</sub> ) |
| ۱/۱                       | ۰/۲۹۲                          |
| ۱/۲                       | ۰/۲۰۰                          |
| ۱/۳                       | ۰/۵۰۰                          |
| ۱/۴                       | ۰/۲۴۷                          |
| ۱/۵                       | ۰/۱۰۵                          |
| ۱/۶                       | ۰/۱۶۹                          |
| ۱/۷                       | ۰/۲۵۴                          |
| ۱/۸                       | ۰/۱۸۶                          |
| ۲/۱                       | ۰/۳۲۱                          |
| ۲/۲                       | ۰/۲۹۲                          |
| ۲/۳                       | ۰/۹۷                           |
| ۲/۴                       | ۰/۸۶                           |
| ۲/۵                       | ۰/۱۰۵                          |
| ۲/۶                       | ۰/۶۹                           |
| ۲/۷                       | ۰/۱۸۶                          |
| ۲/۸                       | ۰/۹۷                           |
| ۲/۹                       | ۰/۷۰                           |
| ۳/۱                       | ۰/۱۸۶                          |
| ۳/۲                       | ۰/۸۱                           |
| ۳/۳                       | ۰/۷۴                           |
| ۳/۴                       | ۰/۸۳                           |
| ۳/۵                       | ۰/۸۹                           |
| ۳/۶                       | ۰/۸۹                           |
| ۳/۷                       | ۰/۸۷                           |
| ۳/۸                       | ۰/۸۷                           |
| ۳/۹                       | ۰/۸۷                           |
| ۳/۱۰                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۱۱                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۱۲                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۱۳                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۱۴                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۱۵                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۱۶                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۱۷                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۱۸                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۱۹                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۲۰                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۲۱                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۲۲                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۲۳                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۲۴                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۲۵                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۲۶                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۲۷                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۲۸                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۲۹                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۳۰                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۳۱                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۳۲                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۳۳                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۳۴                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۳۵                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۳۶                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۳۷                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۳۸                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۳۹                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۴۰                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۴۱                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۴۲                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۴۳                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۴۴                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۴۵                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۴۶                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۴۷                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۴۸                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۴۹                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۵۰                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۵۱                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۵۲                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۵۳                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۵۴                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۵۵                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۵۶                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۵۷                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۵۸                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۵۹                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۶۰                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۶۱                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۶۲                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۶۳                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۶۴                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۶۵                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۶۶                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۶۷                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۶۸                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۶۹                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۷۰                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۷۱                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۷۲                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۷۳                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۷۴                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۷۵                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۷۶                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۷۷                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۷۸                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۷۹                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۸۰                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۸۱                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۸۲                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۸۳                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۸۴                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۸۵                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۸۶                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۸۷                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۸۸                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۸۹                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۹۰                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۹۱                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۹۲                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۹۳                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۹۴                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۹۵                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۹۶                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۹۷                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۹۸                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۹۹                      | ۰/۸۷                           |
| ۳/۱۰۰                     | ۰/۸۷                           |



نمودار ۴ - مقایسه توزیع فراوانی مؤلفه‌های زیست محیطی پایه متوسطه دوم

باتوجه به نمودار ۴، در بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیشترین مؤلفه زیست‌محیطی، کد ۱/۳ از مؤلفه اصلی "آلاینده‌های زیست‌محیطی" با عنوان آلاینده‌های محیط‌زیستی هوا با توزیع فراوانی (۲۵ فراوانی) و درصد فراوانی ۱۸/۱۱٪ است، کمترین مؤلفه زیست‌محیطی کدهای ۲/۶ و ۳/۲ با عناوین محصول خلاقانه از بازیافت زباله و تأثیر آلاینده‌ها بر اقتصاد کلان بازار با توزیع فراوانی (۱ فراوانی) و درصد فراوانی ۰/۷۲٪ است. نتایج مقایسه کلیه کتب مقاطع پایه متوسطه دوم این مطالعه نشان داد که بیشترین توجه به مؤلفه‌های زیست‌محیطی در پایه دهم با درصد فراوانی ۳۵/۹۲٪ و کمترین توجه به مؤلفه‌های آموزش محیط‌زیست در پایه دوازدهم با درصد فراوانی ۳۰/۱٪ است.

سوال ۵- مقادیر بار اطلاعاتی و ضریب اهمیت مؤلفه‌های آموزش محیط‌زیست در پایه متوسطه دوم با بهره‌گیری از روش آنتروپی شانون چگونه است؟

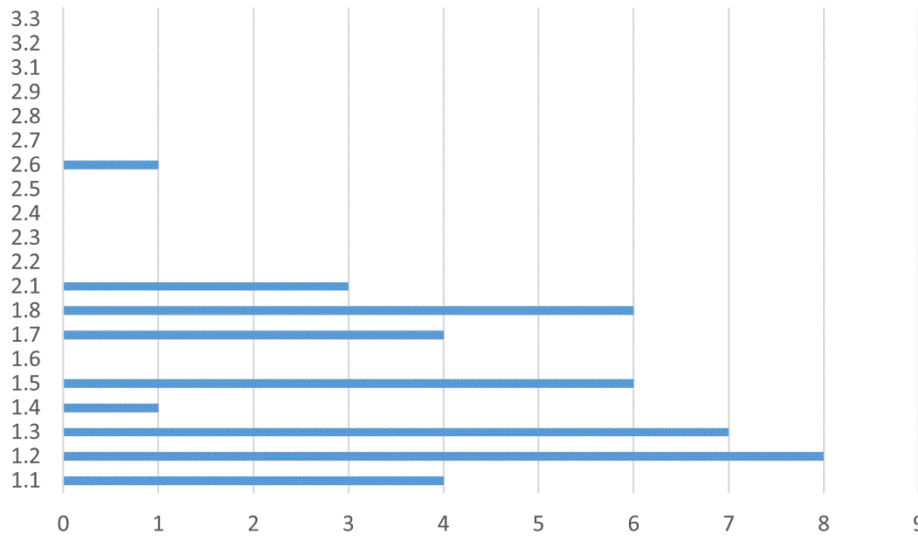


نمودار ۵ - مقایسه مقادیر بار اطلاعاتی و ضریب اهمیت مؤلفه‌های زیست‌محیطی کتاب‌های تخصصی پایه متوسطه دوم

داده‌های جدول ۶ نشانگر آن است که مؤلفه‌های ۱/۳ (آلاینده‌های محیط-زیستی هوا)، ۲/۱ (فناوری بازیافت) و ۱/۱ (آلاینده‌های محیط-زیستی خاک) دارای مقادیر  $E_j$  بالا هستند (۰/۵۰۰، ۰/۳۲۱ و ۰/۲۹۲). این مسئله نشان‌دهنده پیچیدگی و اهمیت بالای این مؤلفه‌ها در ارائه اطلاعات مفید جهت تحلیل و تصمیم‌گیری است. مؤلفه‌های ۲/۶ (محصول خلاقانه از بازیافت زیاله)، ۳/۳ (تأثیر آلاینده‌ها بر بهره‌برداری از منابع کشور)، ۲/۷ (وظیفه شخصی از فرایند بازیافت) و ۲/۴ (فرایندهای تکرارشونده بازیافت) دارای کمترین مقدار  $E_j$  هستند (۰/۰۸۶ و ۰/۰۶۹). این امر نشان‌دهنده سادگی و اطلاعات کمتر این موضوعات است. بررسی میزان تأثیرگذاری هر مؤلفه در تصمیم‌گیری نهایی بیانگر آن است که مؤلفه‌های ۳/۲ (تأثیر آلاینده‌ها بر اقتصاد کلان بازار)، ۲/۶ (محصول خلاقانه از بازیافت زیاله)، ۳/۳ (تأثیر آلاینده‌ها بر بهره‌برداری از منابع کشور) و ۲/۷ (وظیفه شخصی از فرایند بازیافت) دارای بالاترین  $W_j$  هستند (۰/۰۹۳ و ۰/۰۹۱). این مسئله بیانگر آن است که با وجود بار اطلاعاتی پایین، این مؤلفه‌ها نقش کلیدی در تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌ها ایفا می‌کنند. این در حالی است که مؤلفه‌های ۱/۳ (آلاینده‌های محیط-زیستی هوا) و ۲/۱ (فناوری بازیافت) دارای  $W_j$  نسبتاً پایین‌تری هستند (۰/۰۵۰ و ۰/۰۶۸). این امر نشان می‌دهد که با وجود اطلاعات بالا، اهمیت این مؤلفه‌ها در چارچوب تصمیم‌گیری کاهش یافته است. عدم توازن میزان  $W_j$  و  $E_j$  آلاینده‌های محیط-زیستی هوا نمایانگر تأثیر وزنی کم آن در تحلیل است. به عبارتی این مؤلفه با وجود آنکه از منظر علمی و اطلاعاتی تأثیر بسزایی دارد؛ اما اهمیت آن در سیاست‌گذاری‌ها نیازمند بازنگری است. مؤلفه محصول خلاقانه از بازیافت زیاله به دلیل  $W_j$  بالا در مقایسه با  $E_j$  پایین، از اهمیت راهبردی در سیاست‌گذاری‌ها برخوردار است. در مقابل تأثیر آلاینده‌ها بر بهره‌برداری از منابع کشور به دلیل توازن مناسب مقدار  $W_j$  و  $E_j$  بیانگر این است که اطلاعات این مؤلفه مستقیماً در تحلیل نهایی مؤثر است (نمودار ۵).

در گام دوم پژوهش، ابتدا شرکت‌های فعال در حوزه محیط-زیست، شناسایی و سپس بر اساس تطابق فعالیت‌هایشان با مؤلفه‌های زیست‌محیطی مندرج در جدول ۲، دسته‌بندی شدند. از بین بیش از ۱۵۰۰ شرکت دانش‌بنیان موجود در وبگاه معاونت علمی ریاست‌جمهوری، ۲۰ شرکت فعال در حوزه محیط-زیست که با اهداف این تحقیق هم‌راستا بودند، شناسایی شد. نمودار ۶ طبقه‌بندی و چگالی تعداد شرکت‌های دانش‌بنیان بر اساس مؤلفه‌های زیست‌محیطی مطروحه در این پژوهش را نشان می‌دهد. لازم است ذکر شود، برخی از شرکت‌ها در چند حوزه محیط-زیستی فعال هستند. نمودار ۶ نشان می‌دهد بر اساس دغدغه شرکت‌های دانش‌بنیان و متخصصین شاغل در آن‌ها، آلودگی آب - اثرگذاری بر روی سلامتی - حفاظت از منابع طبیعی از بیشترین دغدغه‌ها یا به عبارت دیگر مهم‌ترین اهدافی

هستند که این شرکت‌ها در جهت دستیابی به آن‌ها تلاش می‌کنند. در رتبه دوم اولویت‌های این دست شرکت‌ها، آلودگی خاک و نقش انسان در کنترل آلودگی مورد توجه قرار گرفته و در اولویت حداقلی فناوری بازیافت و آلودگی صوتی قرار دارند. دیگر مؤلفه‌های زیست‌محیطی در بین این ۲۰ شرکت اولییتی نداشته‌اند.



نمودار ۶ - مقایسه ۲۰ شرکت دانش‌بنیان فعال در زمینه مؤلفه‌های زیست‌محیطی به تفکیک نوع فعالیت

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحلیل محتوای کتاب‌های درسی علوم پایه متوسطه دوم نشان داد که بر مبنای ضریب اهمیت به ترتیب مؤلفه‌های زیر قرار دارند:

۱- آلاینده‌های محیط-زیستی هوا

۲- فناوری بازیافت

۳- آلاینده محیط-زیست خاک

۴- روش دفن زباله

۵- آلاینده محیط-زیستی صوتی و نقش آنان در باز تولد کنترل آلاینده

باتوجه به مطالب ذکر گردیده در کتاب‌های درسی متوسطه دوم، مؤلفه تأثیر آلاینده‌ها بر اقتصاد کلان بازار، محصول خلاقانه از بازیافت زباله و وظیفه قانون و دولت در فرایند بازیافت باوجود ضریب اهمیت بالا اما بار اطلاعاتی پایینی را به خود اختصاص داده‌اند و لازم است تا در اولویت سیاست‌گذاری و مفهوم‌سازی قرار گیرند. به عبارتی افزایش نقش دولت در حفظ محیط زیست سبب افزایش سطح مسئولیت‌پذیری و مطالبه‌گری دانش‌آموزان می‌گردد. به طور مثال افزایش محتوای درسی مرتبط با تأثیر آلاینده‌ها بر اقتصاد کلان بازار سبب می‌گردد تا نگرش دانش‌آموزان از فردی به اجتماعی و رابطه مستقیم مفاهیم زیست‌محیطی با اقتصاد خانواده در ابعاد کلان تغییر یابد.

از طرفی نتایج نشان می‌دهد که همپوشانی قابل‌قبولی بین اولویت‌های شرکت‌های دانش‌بنیان در حوزه محیط-زیست با ضریب اهمیت مؤلفه‌های زیست‌محیطی کتب درسی وجود دارد می‌توان به دو نکته اشاره نمود:

۱- معرفی فعالیت این شرکت‌ها در کتاب‌درسی به‌عنوان یک نمونه عینی به دانش‌آموزان، می‌تواند علاوه بر ایجاد انگیزه بر کنجکاوی آن‌ها نیز بیفزاید و از طرفی منجر به ایجاد امید و هدایت تحصیلی آن‌ها گردد.

۲- عدم همپوشانی بین اولویت‌های شرکت‌های دانش‌بنیان و یا به‌عبارت‌دیگر عدم فعالیت در رابطه با برخی از مؤلفه‌ها که دارای ضریب اهمیت بالا هستند و از طرفی در کتاب‌های درسی نیز معرفی شده‌اند، می‌تواند نه‌تنها منجر به ایجاد بحث‌های پر شور در کلاس گردد؛ بلکه منجر به ایجاد انگیزه و تشویق به تفکر در آن حوزه‌ها شود.

نتایج پژوهش حاضر بیانگر این است که ذکر نمونه‌های واقعی با عنوان "نگاهی به آینده" از پتانسیل شرکت‌های دانش‌بنیان فعال، می‌تواند در جهت امیدبخشی و ایجاد انگیزه خلاق دانش‌آموزان نقش بسزایی داشته باشد. در ادامه به پیشنهاد چند نمونه کاربردی از این موارد پرداخته شده است.

### پیشنهادهای اجرایی

نگاهی به آینده (۱)

دستگاه تصفیه فاضلاب پلی اتیلنی

یک شرکت دانش‌بنیان ایرانی با توجه به اهمیت تصفیه و تهیه آب از فاضلاب شهری برای مصارف مختلف کشاورزی و بهداشتی در سال‌های اخیر با استفاده از دانش روز دنیا و نوآوری، شروع به ساخت و عرضه دستگاه تصفیه آب با ظرفیت مخزن بالا و کارایی مناسب نموده است. این دستگاه شامل واحدهای آشغال‌گیر، حوضچه هوادهی، حوضچه ته‌نشینی، حوضچه کلرزنی و خط برگشت لجن است. تمام واحد به‌صورت یک‌پارچه در یک دستگاه که به‌صورت دفنی یا نیمه دفنی در زمین دفن می‌شود، قرار گرفته است. این دستگاه دارای استانداردهای سازمان حفاظت محیط-زیست است (شکل ۱).



شکل ۱ - ساخت دستگاه تصفیه فاضلاب پلی اتیلنی توسط یک شرکت دانش‌بنیان

نگاهی به آینده (۲)

دستگاه پایش گرد و غبار

یک شرکت دانش‌بنیان ایرانی در زمینه طراحی و ساخت تجهیزات سنجش و پایش آلودگی‌های محیط-زیست به فناوری ارزشمندی دست‌یافته است. یکی از محصولات برجسته این شرکت، دستگاه‌های پایش گرد و غبار است که برای نخستین‌بار در کشور تولید شده‌اند. این دستگاه‌ها با هزینه‌ای معادل یک‌سوم نمونه‌های خارجی، امکان پایش لحظه‌ای آلاینده‌های زیست‌محیطی را فراهم می‌کنند. از مزایای این دستگاه‌ها می‌توان به نصب آسان در محیط‌های بیابانی و صحرایی و قابلیت نصب در ناهمواری‌ها اشاره کرد (شکل ۲).



شکل ۲- ساخت دستگاه پایش گرد و غبار توسط یک شرکت دانش‌بنیان

نگاهی به آینده (۳)

سیستم‌های حفاظت پیرامونی هوشمند

یک شرکت دانش‌بنیان داخلی، ارائه‌دهنده نخستین سیستم‌های حفاظت پیرامونی هوشمند و فنس‌های الکتریکی در ایران و کشورهای همسایه است. فنس الکتریکی یکی از قوی‌ترین و پیشرفته‌ترین سیستم‌های بازدارنده ورود غیرمجاز است که با وارد کردن شوک استاندارد به متجاوز، مانع ورود می‌شود و محل تعارض را در نقشه وبگاه نمایش می‌دهد. این سامانه‌ها در اماکنی مانند کارخانه‌ها، باغ‌ها، ویلاها و حتی برای حفاظت از حیات وحش و دامداری‌ها باهدف حفظ منابع طبیعی و حیوانات استفاده می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳ - ساخت سیستم‌های حفاظت پیرامونی هوشمند و فنس‌های الکتریکی توسط یک شرکت دانش‌بنیان ایرانی برای حفظ حیات وحش و منابع طبیعی

### تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

### موازن اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازن و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

### مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به صورت برابر در نگارش این مقاله مشارکت داشته‌اند.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله، از شورای پژوهش و فناوری (دانشگاه فرهنگیان) برای حمایت مالی از این تحقیق تحت پروژه پسادکتر با شماره ۵۰۰۰۰/۱۷۳۷۵/۶۰۰ تشکر

می‌کنیم.

### References

- Akhouni-Pourhosseini, F., & Ebrahimi, K. (2019). Shannon's Entropy Evaluation on Determination of Surface Water Quality, Case Studies: Karun and Babolrood Rivers. *Journal of Water and Irrigation Management*. [Link]
- Amini, M., & Masha-Elahi, Z. (2014). Neglected place of environmental education in textbooks (case study, science & social studies textbooks at the Junior High). *Journal of Educational Sciences*, 21(2), 59-82.
- Angeles, K., & Kijewski-Correa, T. (2022). Advancing building data models for the automation of high-fidelity regional loss estimations using open data. *Autom. Constr.*, 140, 104382. [Link]
- Ardoin, N. M., Clark, C., & Kelsey, E. (2013). An exploration of future trends in environmental education research. *Environ. Educ. Res.*, 19, 499-520. [Link]

- Asadi-Loya, A., Taheri, M., & Salari, A. (2023). Educational needs of faculty members of Guilan University of Medical Sciences in the field of faculty empowerment. *Research in Medical Sciences Education*, 8(2), 37-48. [Link]
- Azar, A. (2001). Development and extension of Shannon entropy method for data processing in content analysis. *Journal of Al-Zahra Humanities*, 11(37-38), 1-18.
- Bakhtiarikah, A. (2019). Global Experiences in Environmental Education. *Ecosystem Scientific-Cultural Student Journal*, 4(1), 11-12.
- Bazobandi, M. H., Mazloum, G., & Mahdavi, L. (2022). Investigating the level of attention to environmental components in first-grade secondary science textbooks based on Shannon entropy method. *Journal of Environmental Science and Technology*, 24(12), 17-30. [Link]
- Bisikalo, O., Kharchenko, V., Kovtun, V., Krak, I., & Pavlov, S. (2023). Parameterization of the Stochastic Model for Evaluating Variable Small Data in the Shannon Entropy Basis. *Entropy*, 25(2), 184. [Link]
- Boyden, H., Gillan, M., Molina, J., Gadgil, A., & Tseng, W. (2023). Community Perceptions of Arsenic Contaminated Drinking Water and Preferences for Risk Communication in California's San Joaquin Valley. *Int J Environ Res Public Health*, 20(1), 813. [Link]
- Brach, C. (2017). The Journey to Become a Health Literate Organization: A Snapshot of Health System Improvement. *Stud Health Technol Inform*, 240, 203-237. [Link]
- Choi, S., Niyogi, D., Shepardson, D. P., & Charusombat, U. (2010). Do Earth and Environmental Science Textbooks Promote Middle and High School Students' Conceptual Development About Climate Change? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91(7), 889-898. [Link]
- Çiçek-Şentürk, O., & Selvi, M. (2019). The Development of Environmental Motivation Scale at Secondary Schools and Analysis of Different Variables of Students' Motivation Towards Environment. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 14(4), 218-236. [Link]
- Dabiri, M. (2003). *Environmental Pollution: Air - Water - Soil - Sound*. Ittehad Publications.
- Dadashzadeh, S., & Haghghat, H. (2024). Analysis of the content of secondary school chemistry books based on the amount of attention paid to the types of laboratory methods of the Simpson and Anderson model. *Research in Chemistry Education*, 6(4), 9-22. [Link]
- Ebrahimi, B., Dellnitz, A., Kleine, A., & Tavana, M. (2021). A novel method for solving data envelopment analysis problems with weak ordinal data using robust measures. *Expert Syst. Appl*, 164, 113835. [Link]
- Elhamedah, F. B. A. E. (2019). Evaluation of the Jurisprudence Course Content in the Secondary Stage in Scientific Institutes from the Viewpoints of the Teachers. *Journal of Scientific Research in Education*, 20(7), 351-388.
- Eslami, F., & Sharifi, M. (2017). Improving the level of environmental knowledge through practical activity-based training in schools. *Journal of Environment and Sustainable Education*, 10(3), 56-70.
- Fazeli, F., & Mahdavi-Ikedalo, F. (2019). Investigating the status of environmental content in basic science textbooks in general education. *Environmental Science and Technology*, 21(1), 227-243. [Link]
- Gandomi, Z., Arjomandnia, A. A., & Afrooz, G. (2020). The effectiveness of cognitive rehabilitation based on executive functions on cognitive performance of slow learner student. *Journal of Psychology and Psychiatry*, 7(4), 122-134.
- Hadzigeorgiou, Y., Kampouroupoulou, M., & Fokiali, P. (2015). The aesthetic appreciation of nature in school science education: how science learning can help raise environmental awareness. *Creative education*, 80(60), 745-752. [Link]
- Hao, R., Zheng, H., & Yang, X. (2022). Data augmentation based estimation for the censored composite quantile regression neural network model. *Appl. Soft Comput*, 127, 109381. [Link]
- Hatem Taha Yassin Al-Samarrai, A. D., & Zeina Abdel-Amir Hassan Al-Dahlaki, A. M. D. (2022). The importance of building educational programs in teaching literary texts. *Journal of the College of Basic Education*, 22(94), 169-187. [Link]
- Hosseini, A. M., & Amani, V. (2020). Content analysis of second-grade chemistry textbooks based on environmental education components using Shannon entropy method. *Research in Chemistry Education*, 1(4), 19-39.
- Joshaghani, M. (2024). The necessity for revaluing the basis of chemistry education in universities. *Research in Chemistry Education*, 6(4), 1-8. [Link]
- Koto, I., & Safhira, N. (2024). Analysis of Physics Textbooks Used in Senior High School for Insertion of the Nature of Science. *KnE Social Sciences*, 9(8), 733-742. [Link]
- Kovtun, V., Kovtun, O., & Semenov, A. (2022). Entropy-Argumentative Concept of Computational Phonetic Analysis of Speech Taking into Account Dialect and Individuality of Phonation. *Entropy*, 24, 1006. [Link]
- Lamanauskas, V. (2023). The importance of environmental education at an early age. *Journal of Baltic Science Education*, 22(4), 564-567. [Link]
- Lee, A. (2023). The importance of cultivating awareness of environmental matters in science classrooms: a cross-regional study. *Australian Journal of Environmental Education*, 39(4), 467-491. [Link]
- Liu, A., Osewe, M., Wang, H., & Xiong, H. (2020). Rural Residents' Awareness of Environmental Protection and Waste Classification Behavior in Jiangsu, China: An Empirical Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 8928.
- Lohrasbi, M. (2021). Comparative Content Analysis of the Images of the Electrochemistry Chapter of the Pre-university Chemistry Textbook with Chapter 2 of the Twelfth grade Chemistry Textbook. *Research in Chemistry Education*, 2(3), 53-69. [Link]
- Maleki, H., & Salehi, R. (2019). Studying the content of secondary school science textbooks based on environmental education indicators. *Curriculum Planning Research*, 15(2), 135-150.
- Miller, G. T. (1997). *Environmental Resource Management*. Wadsworth Pub. Co.
- Murniati, N., Herawati, S., & Dwi, L. (2023). A comprehensive scientific literacy analysis of biology textbooks used by Indonesian senior high schools. In *Advances in Social Science, Education and Humanities Research* (pp. 410-425).
- Nassar, M., Shalan, W., Al-Janaby, U., Elnagar, H., Alawadhi, M., Jaser, S., & Joury, E. (2024). Exploring environmental sustainability in dentistry among students and educators in the United Arab Emirates: a cross-sectional survey. *BMC Med Educ*, 24(1), 489.
- Neyri, D. (2020). Environmental education, necessary but insufficient. *Bomkore Scientific-Cultural Student Journal*, University of Tehran, 4(1), 2-2. [Link]
- Niroo, M., & Hajihosseini-Nejad, G. (2013). The effect of Gardner theory of multiple intelligences in the education environment based on understanding and improving students' attitude. *Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 1(2), 1-12. [Link]

- Nobari, A. (2020). The Place of Behavioral Justice in the Relationship between Human and the Environment from the Perspective of the Qur'an. *Journal of Quranic Doctorines*, 32, 219-238. [Link]
- Palmer, J. A. (2005). *Environmental Education in the 21st Century: Theory, Practice, Progress and Promise*. Routledge.
- Palmer, J. E. (2011). *Environmental Education at CERN*. Samt Publications.
- Ramezani-Sovamabadi, M. H. (2013). Environmental Protection in the Fundamental Rights of the Islamic Republic of Iran. *Journal of Judicial Law Views*(63).
- Rickinson, M. (2001). Learners and learning in environmental education: A critical review of the evidence. *Environ. Educ. Res*, 7, 207-320.
- Salehi-Omran, E., Parhizkar, L., & Hatamifard, K. (2016). Investigating the position of the main components of environmental education in the sixth grade textbooks. *Environmental Education and Sustainable Development*, 5(2), 89-99. [Link]
- Sheikh-ul-Islami-Borghani, M., & Shabbiri, S. M. (2016). The position of environmental education in the 1404 Vision Document and the Constitution of Iran. *Strategy Quarterly*(80).
- Soleimani, A., Adib, Y., Mahmoudi, F., & Vahedi, S. (2018). Content analysis of elementary Persian textbooks based on multiple intelligences components: Shannon entropy method. *Journal of Education and Evaluation*, 11(43), 157-183. [Link]
- Soleymanpour-Omran, M. (2013). Environmental education and its place in the secondary school curriculum of the country's educational system. *Journal of Teaching and Learning Research*, 8(34), 1-20.
- Soltanzadeh, R., & Nasirian, S. (2023). Investigating the components of environmental citizen and its relationship with environmental behavior of citizens (Case study: Maragheh city). *Journal of Research and Urban Planning*, 13(50), 270-285. [Link]
- Stevenson, R. B., Brody, M., Dillon, J., & Wals, A. E. J. (2013). Introduction: An Orientation to Environmental Education and the Handbook. In *International Handbook of Environmental Education Research* (pp. 1-6). Routledge.
- Tanner, C., & Kast, S. W. (2003). Promoting sustainable consumption: Determinants of green purchases by Swiss consumers. *Psychol. Mark*, 20, 883-902.
- Unesco. (2022). *Green education for a sustainable future*. UNESCO Publishing.
- Van de wetering, J., Leijten, P., Spitzer, J., & Thomaes, S. (2022). Does environmental education benefit environmental outcomes in children and adolescents? A meta-analysis. *Journal of environmental psychology*, 81, 101782.
- Viacheslav, K., & Kovtun, O. (2022). System of methods of automated cognitive linguistic analysis of speech signals with noise. *Multimedia Tools Appl*, 81, 43391-43410.
- World, B. (2023). *Environmental education and its role in sustainable development*. World Bank Publications.
- Wyner, Y., & DeSalle, R. (2010). Ecology Disrupted: A Conceptual Model for Environmental Science Learning. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 31(5), 251-261.