

## تحلیل محتوای آموزشی علم و فناوری نانو ۱۲-K در استرالیا و ایالات متحده آمریکا با تمرکز بر راهبردهای یاددهی-یادگیری

زهرامهر بان\*

## چکیده

هدف از این پژوهش مطالعه راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو کشورهای پیشرو به منظور بررسی ارتباط نوع راهبرد با موضوع درس، دوره تحصیلی و همچنین مقایسه راهبردهای استخراج شده در نمونه‌های مورد بررسی بود. این پژوهش با روش ترکیبی طرح اکتشافی انجام شد. جامعه آماری این مطالعه، کلیه کشورهای پیشرو در زمینه آموزش علم و فناوری نانو در دوره تحصیلی ۱۲-K بوده‌اند و نمونه‌ها (ایالات متحده آمریکا و استرالیا) به روش غیر احتمالی-هدفمند انتخاب شدند. ابزار به کارگرفته شده نمونه‌برگ‌های فیش‌برداری و جدول‌های تحلیل محتوا بوده‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهند راهبردهای یاددهی-یادگیری در نمونه‌های مورد بررسی از تنوع خوبی بهره‌مند بود، به گونه‌ای که از بیست و چهار راهبرد متداول در آموزش علوم تجربی، در ایالات متحده آمریکا، نوزده و در استرالیا، بیست و یک راهبرد متفاوت از متون آموزشی علم و فناوری نانو استخراج شدند. نتایج نشان دادند که راهبردهای استخراج شده با موضوع درس و دوره تحصیلی ارتباط تنگاتنگی داشته‌اند به عنوان مثال در آموزش موضوع کاربرد علم و فناوری نانو، راهبرد آزمایشگاه در آمریکا و راهبرد چند رسانه‌ای در استرالیا بیشترین فراوانی را داشته است و همچنین در ایالات متحده آمریکا، راهبرد کشفی در دوره ابتدایی و راهبرد آزمایشگاه در دوره متوسطه بالاترین فراوانی را نشان داده‌اند. با نتیجه‌گیری از تحلیل مقایسه‌ای بین دو نمونه مورد مطالعه، مشخص شد که علاوه بر موضوع درس و دوره تحصیلی، عواملی چون امکانات، اولویت‌ها و سیاست‌گذاری‌های آموزشی نیز بر انتخاب راهبردهای یاددهی-یادگیری آموزش علم و فناوری نانو اثرگذار بوده‌اند.

کلیدواژه‌ها: راهبردهای یاددهی-یادگیری؛ پژوهش ترکیبی؛ علم و فناوری نانو

### مقدمه

علم و فناوری نانو یکی از حوزه‌های جدید علمی و فناورانه است که از ظهور آن قریب به سه دهه می‌گذرد. علم نانو، عبارت است از مطالعه پدیده‌ها و دستکاری مواد در مقیاس اتمی، مولکولی و ماکرو مولکولی (محدوده ۱ الی ۱۰۰ نانومتر) که به دلیل کوچکی اندازه ذرات، خواص آن‌ها در مقایسه با ذرات بزرگ‌تر متفاوت است. فناوری نانو نیز طراحی، شناسایی، تولید و کاربرد ساختارها، دستگاه‌ها و سامانه‌هایی تعریف شده است که اندازه آن‌ها در محدوده نانومتری کنترل می‌شود (سند سیاسی انجمن سلطنتی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۴). به موازات ورود علم و فناوری نانو به حوزه‌های تحقیقات، آموزش عالی و صنعت، آموزش و پرورش کشورهای زیادی به آموزش آن، به عنوان یکی از ضروریات عصر حاضر توجه کرده‌اند. در همین راستا، نظام‌های آموزشی که خواهان حرکت همزمان با تغییرات علمی و فناورانه روز دنیا بوده‌اند، تدوین برنامه‌های درسی و آموزشی علم و فناوری نانو، یکی از اهداف آن‌ها شده است (فدر و ازنار<sup>۲</sup>، ۲۰۱۱).

راهبردهای یاددهی-یادگیری به عنوان یکی از عناصر مهم برنامه درسی محسوب می‌شوند که متخصصان حوزه برنامه درسی با تعبیر متنوعی از آن یاد می‌کنند از جمله، راهبردهای تدریس (گودلد<sup>۳</sup>، ۱۹۷۹ و کلاین<sup>۴</sup>، ۱۹۸۵)، روش ارائه (آیزنر<sup>۵</sup>، ۱۹۹۴)، سبک‌های اجراء (اش<sup>۶</sup>، ۱۹۹۱) و معلم چگونه یادگیری دانش‌آموزان را تسهیل می‌کند؟ (ون‌دن‌اکر<sup>۸</sup>، ۲۰۱۰). میرزاییگی (۱۳۸۴) نیز از آن تحت عنوان روش تدریس<sup>۹</sup> یاد کرده و آن را شیوه ارائه محتوا یا روشی می‌داند که طی آن سعی می‌شود تغییرات مورد نظر در یادگیرنده ایجاد شود. به عبارتی ساده‌تر یاددهی-یادگیری، را فرآیندی تعاملی می‌داند که بین معلم (یاددهنده) و دانش‌آموز (فراگیر) در جریان است. ملکی (۱۳۹۱) نیز تأکید می‌کند که برای اجرای مطلوب برنامه لازم است در

1. Royal Society Policy Document (RSPD)
2. Feather and Aznar
3. Goodlad
4. Klein
5. Eisner
6. Modes of transaction
7. Eash
8. Van den Akker
9. Teaching Method



فرآیند برنامه‌ریزی درسی درباره روش‌های مناسب و هماهنگ با هدف‌ها و محتوای برنامه‌درسی تصمیم‌گیری شود. از طرفی طراحی و انتخاب روش تدریس باید بر حسب ماهیت موضوع مورد آموزش و چگونگی یادگیری دانش‌آموز انجام شود (دیویس<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷ نقل از وست‌وود<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸). سیری و راثو<sup>۳</sup> (۲۰۰۴) نیز در خصوص انتخاب راهبردهای یاددهی-یادگیری در آموزش علوم تجربی معتقدند که باید از راهبردهایی در کلاس درس استفاده شود که مطابق با درک دانش‌آموزان باشد و موجب ترغیب و تهییج فعالانه دانش‌آموزان به تفکر و مشارکت شود. داس<sup>۴</sup> (۲۰۰۷) بر این باور است که برخی از اهداف آموزشی با راهبردهای خاصی بهتر عملی می‌شوند و به‌کارگیری راهبردهای متنوع و متعدد از ایجاد یکنواختی در فرآیند آموزش جلوگیری می‌کند. از سوی دیگر ماهیت محتوا نیز تعیین‌کننده راهبرد است. تحقیقات نشان داده است که معلمان مطابق با شیوه‌ای که خودشان یاد می‌گیرند، آموزش می‌دهند، اگرچه این نتیجه‌گیری که یادگیری دانش‌آموزان را می‌توان از پیشینه یادگیری معلمان آن‌ها فهمید، ضرورتاً صحیح نیست (شورای ملی پژوهش<sup>۵</sup>، ۱۹۹۷). در هر صورت، نکته مهم در آموزش علوم این است که راهبردهای آموزش علوم هرگز ایستا، ساکن و پایدار نیستند و به موازات رشد علوم و محتوا، راهبردهای آموزش نیز ارزیابی و بازنگری می‌شوند (داس، ۲۰۰۷).

از آن جایی که در علم و فناوری نانو، مقیاس مورد مطالعه بسیار کوچک بوده و درک مفاهیم، پدیده‌ها و کارکردهای آن به صورت مستقیم و بدون ابزارهای لازم برای دانش‌آموزان دشوار است، لذا در آموزش علم و فناوری نانو اهمیت استفاده از راهبردهای یاددهی-یادگیری متناسب با ماهیت موضوع و ویژگی‌های مخاطب اهمیت مضاعف پیدا می‌کند. آنچه که از بررسی برنامه‌های آموزشی این حوزه به دست آمده، بیان‌کننده این است که راهبردهای یاددهی-یادگیری خاصی برای آموزش علم و فناوری نانو وجود نداشته است و راهبردهای به‌کارگرفته شده، در حقیقت همان راهبردهای یاددهی-یادگیری در آموزش علوم تجربی

- 
1. Davis
  2. Westwood
  3. Sree & Rao
  4. Das
  5. National Research Council (NRC)

هستند. برخی از راهبردهای یاددهی-یادگیری آموزش علوم تجربی از زمان‌های بسیار قدیم متداول بوده‌اند که به اصطلاح راهبردهای سنتی شناخته می‌شوند و هم اکنون نیز به کار گرفته می‌شوند که در برخی موارد نیز از کارایی خوبی بهره‌مند هستند. به موازات پیشرفت علوم یادگیری، پیدایش نظریه‌های جدید و ظهور فناوری‌های جدید آموزشی، دانش پداگوژی راهبردهای نوینی را به حوزه آموزش علوم تجربی معرفی و عرضه کرده است که در آن‌ها نقش معلم و دانش‌آموز در فرآیند یاددهی-یادگیری دچار تحولات و تغییرات شده‌اند.

با مطالعه و بررسی متون مربوط به آموزش علوم تجربی، بیست و چهار راهبرد یاددهی-یادگیری متداول در این حوزه استخراج شدند که شامل راهبردهای: سخنرانی<sup>۱</sup> (آسرو، جاویر و کاسترو<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰)، سخنرانی-نمایشی<sup>۳</sup> (تولاسی<sup>۴</sup>، ۲۰۰۴)، تاریخی<sup>۵</sup> (سینگ و نات<sup>۶</sup>، ۲۰۰۷)، زندگی‌نامه<sup>۷</sup>، اکتشافی<sup>۸</sup>، نمایشی<sup>۹</sup> (داس، ۲۰۰۷)، موضوعی<sup>۱۰</sup>، پروژه، کشفی<sup>۱۱</sup>، هم‌مرکزی<sup>۱۲</sup>، مباحثه<sup>۱۳</sup> (کالرا و گوپتا<sup>۱۴</sup>، ۲۰۱۲)، آزمایشگاه<sup>۱۵</sup> (یوآکام و سیمسون<sup>۱۶</sup>، ۱۹۶۳)، علمی یا

1. Lecture Method
2. Acero, Javier & Castro
3. Lecture -Demonstration method
4. Tulasi
5. Historical Method
6. Singh and Nath
7. Biographical Method
8. Heuristic Method
9. Demonstration Method
10. Topic Method
11. Discovery

در روش اکتشافی به جای اینکه درباره اشیا و چیزها به دانش‌آموز دانشی ارائه شود، تا سرحد امکان وی را در موقعیتی درگیر کرده تا خود نگرشی درباره آن موضوع کسب کند. لذا در این روش هر دانش‌آموز مجبور است مسائل علمی را به روش تجربی حل کند، خودش فکر کرده، به دقت مشاهده و داده‌های ضروری را یادداشت برداری کند، داده‌ها را تجزیه و تحلیل و سپس نتیجه‌گیری کند. این راهبرد مستلزم حضور دانش‌آموز در آزمایشگاه نیست. در حالی که راهبرد کشفی متشکل از دو راهبرد اکتشافی و آزمایشگاه است. در این راهبرد، دانش‌آموز اغلب به عنوان یک محقق برای بررسی یک مسئله علمی، به طور عملی به آزمایشگاه فرستاده می‌شود.

#### 12. Concentric Method

در این روش که در حقیقت نوعی رویکرد آموزشی است، آموزش پیرامون یک موضوع، ابتدا به صورت کلیات شروع می‌شود و به تدریج با گذشت زمان و در جلسات بعدی، جزئیاتی از موضوع کلی اولیه آموزش داده می‌شود و به تدریج وسعت معنایی موضوع مورد آموزش، با گذشت زمان به صورت دایره متحدالمرکزی از مرکز به بیرون، بسط می‌یابد.

13. Discussion Method
14. Kalra & Gupta
15. Laboratory Method
16. Yoakam & Simpson



تحقیقی<sup>۱</sup> (لاکشمی<sup>۲</sup> و رائو<sup>۳</sup>، ۲۰۰۴)، حل مسأله<sup>۳</sup> (سری و رائو، ۲۰۰۴)، حل خلاق مسأله<sup>۴</sup>، عینی-انتزاعی<sup>۵</sup> (دیل<sup>۶</sup>، ۱۹۶۹)، گردش علمی<sup>۷</sup>، تکلیف<sup>۸</sup> (لاکسمی، سابایا و رائو<sup>۹</sup>، ۲۰۱۰)، ایفای نقش<sup>۱۰</sup> (یاردلی-ماتویچ زوک<sup>۱۱</sup>، ۱۹۹۷ و پورمن<sup>۱۲</sup>، ۲۰۰۲)، بازی و شبیه‌سازی<sup>۱۳</sup> (گردلر<sup>۱۴</sup>، ۲۰۰۴؛ پرنسکی<sup>۱۵</sup>، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۶؛ روبن<sup>۱۶</sup>، ۱۹۹۹)، داستان‌گویی<sup>۱۷</sup> (استراس<sup>۱۸</sup>، ۲۰۰۶)، طوفان مغزی<sup>۱۹</sup>، (عبدالمتین<sup>۲۰</sup>، ۲۰۱۳، و ویلسون<sup>۲۱</sup>، ۲۰۱۳)، مدل (های علمی) و مدل‌سازی (گیلبرت<sup>۲۲</sup>، ۲۰۱۱)، و فلش کارت<sup>۲۳</sup>، بوده‌اند. تعداد جالب توجهی از این راهبردها، راهبردهایی فعال هستند که در آن دانش‌آموزان به طور فعال درگیر ساخت و ایجاد درکی از حقایق، ایده‌ها و مهارت‌ها از طریق فعالیت‌ها و وظایف تکمیلی آموزش‌دهنده می‌شوند (بل و کارهوف<sup>۲۴</sup>، ۲۰۰۶).

1. Scientific or Investigatory Method
2. Lakshmi
3. Problem-Solving Method
4. Creative problem Solving, <http://www.creativeeducationfoundation.org/our-process/what-is-cps>
5. Concrete & Abstract approaches
6. Dale
7. field trip, [https://en.wikipedia.org/wiki/Field\\_trip](https://en.wikipedia.org/wiki/Field_trip)
8. Assignment
9. Laxmi, Subbaiah and Rao
10. Role-palying
11. Yardley-Matwiejczuk
12. Poorman
13. Game and Simulation
14. Gredler
15. Prensky
16. Ruben
17. Story telling
18. Strauss
19. Brain Storming
20. Abdul Mateen
21. Wilson
22. Gilbert
23. <http://www.scitechu.com/2010/using-flashcards-in-science-instruction>  
<http://ideas.time.com/2013/01/09/highlighting-is-a-waste-of-time-the-best-and-worst-learning-techniques/>
24. Bell & Kahrhoff

با وجود تأکیدات جالب توجهی که در اسناد بالادستی کشور جمهوری اسلامی ایران از جمله سند چشم‌انداز و نقشه جامع علمی و فناوری درباره توجه نهادها و متولیان آموزشی کشور به فناوری نانو انجام شده است و به‌رغم وجود نقاط جالب توجهی برای ورود آن در محتوای برنامه‌های درسی پیش از دانشگاه، حضور چشمگیری از این علم و فناوری در برنامه‌های درسی رسمی جدید دیده نمی‌شود (مهربان، ۱۳۹۱). در صورتی که حضور این حوزه جدید در آموزش‌ها و برنامه‌های درسی غیر رسمی چشم‌گیرتر بوده است، به گونه‌ای که در حال حاضر تعداد جالب توجهی از پژوهش‌سراهای دانش‌آموزی در سطح کشور مشغول به آموزش‌های نظری و عملی به دانش‌آموزان در این زمینه هستند.<sup>۱</sup>

توجه به به‌کارگیری راهبردهای مناسب در آموزش علم و فناوری نانو از این جهت حائز اهمیت است که معلمان علوم به خوبی می‌توانند محتوای فعلی علم و فناوری نانو در کتاب‌های درسی را با به‌کارگیری راهبردهای یاددهی-یادگیری متناسب تقویت و تکمیل کنند. از سویی دیگر با نگاهی به گزارش‌های منتشر شده از سوی ستاد توسعه فناوری نانو و پژوهش‌سراهای دانش‌آموزی درباره آموزش‌های غیر رسمی علم و فناوری نانو دیده می‌شود<sup>۲</sup> که راهبردهای یاددهی-یادگیری به‌کارگرفته شده، به تعداد محدودی راهبرد خلاصه شده است که در برخی موارد با موضوع مورد آموزش و ویژگی‌های دانش‌آموزان تناسب ندارد و توجه‌نکردن به این تناسب می‌تواند از کارایی دوره‌های آموزشی بکاهد. در حالی‌که به به‌کارگیری راهبردهای متناسب می‌تواند موجب افزایش اثربخشی این دوره‌ها شود.

در زمینه به‌کارگیری راهبردهای یاددهی-یادگیری مناسب در آموزش علم و فناوری نانو، پژوهش‌ها و تحقیقات بین‌المللی جالب توجهی انجام شده است. کائو، یانگ، و لی<sup>۳</sup> (۲۰۱۵) در پژوهشی با استفاده از راهبرد مدل و مدل‌سازی، ساختار دگر شکل‌های نانو مقیاس کربن از جمله فولرین‌ها را به تصویر کشیده‌اند و این نوع مدل را جایگزین بسیار خوبی برای مدل

1. [http://nanoclub.ir/index.php?ctrl=static\\_page&lang=1&id=2941&section\\_id=63](http://nanoclub.ir/index.php?ctrl=static_page&lang=1&id=2941&section_id=63)

۲. در دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی اکثراً چندرسانه‌ای (در قالب نمایش توسط پاور پوینت) و سخنرانی راهبردهای غالب بوده است و در کلاس‌های آمادگی برای مسابقات و المپیاد نیز در کنار راهبردهای مذکور، راهبرد آزمایشگاه نیز اعمال می‌شود.

3. Kao, Yang & Lee



گلوله و میله<sup>۱</sup> در دوره متوسطه تحصیلی دانسته‌اند. هادسون، بی‌شاپ، گلاشر و کاتز<sup>۲</sup> (۲۰۱۵) در پژوهشی فرآیند تغییر رنگ نانوبلورهای اکسید آهن را به روش نمایشی طراحی کردند که در آن، آزمایش توسط مربی انجام می‌شود و دانش‌آموزان دوره متوسطه، فرآیند تغییر رنگ نانو بلورهای<sup>۳</sup> را که درگیر واکنش شده‌اند، به خوبی با چشم غیر مصلح رؤیت می‌کنند. در پژوهشی که کمپوز، ناتسون، موزتی، هاینس و پن<sup>۴</sup> (۲۰۱۶) اجرا کرده‌اند، فعالیت عملی به روش آزمایشگاه طراحی گشده است که در آن دانش‌آموزان دوره متوسطه به خوبی می‌توانند با استفاده از دستگاه‌های تلفن‌های هوشمند همراه خود که به برنامه‌های کاربردی گوگل مجهز شده است، غلظت نانو ذرات طلا در یک کلئید را محاسبه کنند. در پژوهشی که هاج‌کوا، فجفار و سمجکال<sup>۵</sup> (۲۰۱۳) انجام داده‌اند، با راهبرد نمایشی شبیه‌سازی فیزیکی، نحوه کار میکروسکوپ روبشی جستجوگر<sup>۶</sup> را در کلاس درس و برای دانش‌آموزان دوره متوسطه نمایش داده‌اند و به فهم برخی از مفاهیم فیزیکی درباره ایجاد تصویر از یک سطح با استفاده از این میکروسکوپ کمک کرده‌اند. گوس، برنت و لایرمن<sup>۷</sup> (۲۰۱۳) نشان دادند که با طراحی یک فعالیت دست‌ورزی، دانش‌آموزان دوره متوسطه اول و دوم می‌توانند اصول کار یک میکروسکوپ نیروی اتمی<sup>۸</sup> را درک کنند که به صورت فیزیکی شبیه‌سازی شده است و می‌توانند از سطوح پنهان از دید یک شیء، نقشه‌برداری کنند. بلاندر و ساخنینی<sup>۹</sup> (۲۰۱۲) ماژول آموزش فناوری نانو مشتمل بر دو مفهوم اساسی، اندازه و مقیاس و نسبت مساحت سطحی به حجم تهیه کردند که این ماژول برای آموزش در پایه نهم در زمینه آموزش شیمی برنامه‌ریزی شد و در آن از طیف گسترده‌ای از راهبردهای آموزش از جمله: یادگیری مبتنی بر بازی، یادگیری با رسانه‌های تصویری و چند رسانه‌ای، یادگیری با مدل، یادگیری مبتنی بر

۱. مدل گلوله و میله (Ball-and-stick model) روشی برای نمایش سه بعدی مولکول‌ها است که در آن برای نمایش اتم‌ها از گلوله‌ها یا توپ‌ها با رنگ‌های متفاوت و پیوندها از میله، به عنوان مدل استفاده می‌شود.

2. Hudson, Bishop, Glaisher & Katz

3. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

4. Campos, Knutson, Mozzetti, Haynes & Penn

5. Hajkova, Fejfar & Smejkal

6. Scanning Probe Microscopy (SPM)

7. Goss, Brandt & Lieberman

8. Atomic Force Microscopy (AFM)

9. Blonder & Sakhnini

پروژه، یادگیری با فیلم، یادگیری به روش شبیه‌سازی و داستان سرایی و روایت را به منظور افزایش درک دانش‌آموزان از مفاهیم مورد نظر به‌کار گرفتند. در مصاحبه با دانش‌آموزانی که تحت این آموزش قرار گرفتند، همگی اظهار داشتند که انجام دادن فعالیت‌های فوق در آسان‌تر کردن درک مفاهیم فناوری نانو به آن‌ها کمک کرده‌اند. باگاریا، مایکلی، دین، نیکل و ونگ<sup>۱</sup> (۲۰۱۱) نشان دادند که بهره‌گیری از روش تعاملی چندرسانه‌ای به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا درباره روش‌های تهیه نانو مواد و مفاهیم انتزاعی درک بهتری به‌دست آورند. در پژوهش راماکریشنا، اونگ، گارسیا، پیزوکونی، رازدن و گلانسینگر<sup>۲</sup> (۲۰۰۰) از رویکرد تعاملی چندرسانه‌ای در آزمایش‌های از راه دور، برای کار با میکروسکوپ روبشی جستجوگر (SPM) استفاده شده است. شهسواری (۱۳۸۷) نیز با بررسی متون آموزشی فناوری نانو در کشورهای مورد بررسی به این نتیجه گرفته رسید که در سطوح قبل از دانشگاه، بیشتر از روش‌های حل مسأله، کاوشگری، پرسش و پاسخ و شبیه‌سازی استفاده شده است.

سؤالات پژوهش به شرح زیر بود:

- راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو در دوره تحصیلی K-۱۲ برای هر کدام از نمونه‌های مورد مطالعه کدامند؟
- بین راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو با موضوع درس و دوره تحصیلی در هر کدام از نمونه‌های مورد مطالعه چه ارتباطی وجود داشته است؟
- مقایسه راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو در نمونه‌های مورد مطالعه چه نتایجی را نشان می‌دهند؟

## روش

این پژوهش از منظر هدف، پژوهشی کاربردی است و نتایج حاصل از آن به معلمان و مدرسان مربوطه کمک می‌کند که به هنگام آموزش علم و فناوری نانو به تناسب موضوع درسی و دوره تحصیلی دانش‌آموزان، راهبردهای یاددهی-یادگیری مناسبی را به‌کار گیرند.

1. Bagaria, Michelle, Dean, Nichol, and Wong.  
2. Ramakrishna, Ong , Garcia., Pizziconi, Razdan and Glaunsinger





همچنین از منظر روشی، پژوهشی ترکیبی از نوع طرح اکتشافی (کیرسول و پلانوکلاک<sup>۱</sup>، ۱۳۹۰) محسوب می‌شود که از دو روش کیفی و کمی (در مراحل جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها) استفاده شده است و در آن داده‌های کیفی از اولویت و اهمیت بالاتری (وزن بالاتر) بهره‌مند بوده‌اند که نتایج حاصل از تحلیل کیفی، باعث شکل‌گیری و روشن شدن (کشف) داده‌های کمی شده است.

جامعه آماری در پژوهش حاضر، کلیه منابع و متون آموزشی مرتبط با آموزش علم و فناوری نانو در دوره تحصیلی K-۱۲ از ایالات متحده آمریکا، استرالیا، تایوان، آلمان و انگلستان بوده‌اند.<sup>۲</sup> نمونه‌گیری از این جامعه با روش غیر احتمالی-هدفمند<sup>۳</sup> انجام شد و در انتخاب نمونه‌ها، معیارهایی چون تعدد و کفایت منابع و متون آموزشی<sup>۴</sup> در تمامی موضوعات مهم علم و فناوری نانو، تداوم، انسجام و هدفمندی برنامه‌های آموزشی، برخورداری از قابلیت مقایسه از نظر ساختار برنامه‌ها و متون و قابل دسترس بودن منابع، مد نظر قرار گرفتند. با بررسی‌های به عمل آمده از جامعه آماری، دو نمونه ایالات متحده آمریکا<sup>۵</sup> و استرالیا واجد معیارهای ذکر شده بوده و به عنوان نمونه‌های این پژوهش انتخاب شدند. که در ایالات متحده آمریکا از متون تولید شده در فعالیت‌های آموزشی شبکه ملی زیر ساخت فناوری نانو<sup>۱</sup> (NNIN)، پروژه نانوزون<sup>۱</sup>، گروه آموزش بین‌رشته‌ای کاوش در دنیای نانو دانشگاه ویسکانسین، مادیسن مرکز تحقیقات علوم و مهندسی مواد<sup>۲</sup>، و پروژه نانو

### 1. Creswell and Planno Calrk

۲. به‌رغم حضور گسترده کشورهای پیشرو در تولید علم نانو، مقالات و اختراعات فناوری نانو<sup>۱</sup>، ولی در حوزه آموزش علم و فناوری نانو برای K-۱۲ این رقابت در گستره محدودتری به چشم می‌خورد. با مطالعه بسیار جامعی که توسط فدر و ازنار (۲۰۱۱) درباره آموزش علم نانو، تربیت نیروی کار و منابع K-۱۲، انجام شده است، مشخص شد که کشورهای محدودی از جمله ایالات متحده آمریکا، استرالیا، تایوان، آلمان و انگلستان در زمینه آموزش علم و فناوری نانو برای K-۱۲ در زمره پیشگامان آموزش علم و فناوری نانو برای K-۱۲ در جهان بوده و اولین برنامه‌های آموزشی در این حوزه را طراحی کرده‌اند.

### ۳. Nonprobability - Purposive sampling

۴. کفایت برای استخراج راهبردهای یاددهی-یادگیری، بررسی ارتباط بین راهبرد با محتوا و دوره تحصیلی مورد آموزش و در نتیجه مقایسه راهبردها

۵. لازم به ذکر است که درباره ایالات متحده آمریکا اگر چه برنامه‌های آموزشی متنوعی درباره فناوری نانو در ایالات مختلف اجرا شده و در حال اجرا است، ولی تمامی آن‌ها تحت پوشش برنامه‌های حمایتی و ابلاغی شبکه ملی زیر ساخت فناوری نانو National Nanotechnology Infrastructure Network قرار داشته‌اند به‌گونه‌ای که منابع آموزشی تولید شده در یک ایالت خاص در سایر ایالات نیز مورد ارجاع قرار گرفته است و در این شبکه ملی ارائه شده است. شاهد این ادعا این است که در رتبه‌بندی‌های جهانی، فعالیت‌های مرتبط با علم و فناوری نانو برای آمریکا در قالب یگ گزارش واحد نمود پیدا کرده است.

### 6. University of Wisconsin- Madison, Materials Research Science and Engineering Center

سنس<sup>۱</sup>، استفاده شده است. در استرالیا نیز از متون آموزشی برنامهٔ تِکانِ یو<sup>۱</sup> یا آکسس نانو<sup>۱</sup> (شکل توسعه یافته برنامه شاین<sup>۲</sup>) در حوزهٔ آموزش علوم و فناوری نانو بهره‌برداری شده است. در بخش اول این پژوهش ابتدا متون و کتاب‌های علمی در زمینهٔ راهبردهای یاددهی-یادگیری و روش‌های آموزش در علوم تجربی مطالعه و بررسی و راهبردهای متداول در آموزش علوم تجربی مشخص شدند که در نهایت به استخراج بیست و چهار راهبردِ پرکاربرد و متداول در آموزش علوم تجربی انجامید. سپس مؤلفه‌های کلیدی و مشترک راهبردها در قالب چهار مشخصهٔ نقش معلم، نقش دانش‌آموز، منابع و وسایل آموزشی و موارد کاربرد استخراج شدند. در ادامه برای هر راهبرد جدولی (همانند جدول ۱ که به راهبرد داستان‌گویی اختصاص دارد) مشتمل بر این چهار مشخصه تنظیم شدند که با کمک آن‌ها استخراج راهبردهای یاددهی-یادگیری از متون آموزشی مورد مطالعه، با سهولت انجام شد.

جدول ۱: مشخصه‌های راهبرد داستان‌گویی (هاون، ۲۰۰۰؛ ویور، ۱۹۹۴؛ و استراس، ۲۰۰۶)

داستان‌گویی

نقش معلم	کاملاً فعال
نقش دانش‌آموز	کاملاً فعال
منابع آموزشی	محدودیتی ندارد (رسانه‌های مکتوب، الکترونیکی یا معلم ساخته)
موارد کاربرد	به خاطر سپاری بهتر مفاهیم و موضوعات درسی به لحاظ محل نگهداری مطالب در مغز، خارج کردن کلاس از حالت کسالت‌آور، ایجاد رغبت و انگیزه برای درگیر شدن با داستان و یادگیری همراه با سرگرمی، ایجاد همدلی با شخصیت داستان و درک بهتر شرایط او.

در بخش بعدی از پژوهش، متون آموزشی علم و فناوری نانو در نمونه‌های مورد مطالعه، تحلیل شدند. از آنجایی که در متون آموزشی (عمدتاً طرح درس‌ها) چگونگی فرآیند آموزش توضیح داده شده بود و به‌طور مستقیم هیچ اشاره‌ای به راهبردهای یاددهی-یادگیری نشده بود، ابتدا متون با توجه به تأکید محتوایی بر موضوعات یا عناوین درسی به موضوعات اندازه و مقیاس؛ سطح و حجم؛ تهیه، ویژگی‌ها و شناسایی نانو مواد و ساختارها؛ کاربرد علم و فناوری نانو؛ اخلاق و جامعه در فناوری نانو؛ مباحث نظری علم و فناوری نانو طبقه‌بندی شدند. پس از مطالعهٔ دقیق هر متن درسی، خلاصه‌ای با توجه به سؤالات پژوهش به گونه‌ای تنظیم شد که

1. NanoSense project
2. SHINE



در برگیرنده اطلاعاتی چون خلاصه فرآیند آموزش، دوره تحصیلی دانش‌آموزان و موضوع آموزش باشد. در مرحله بعد خلاصه فرآیند آموزش هر متن آموزشی با توجه به مشخصه‌های تنظیم شده برای بیست و چهار راهبرد یاددهی-یادگیری متداول در آموزش علوم تجربی، تحلیل شده و سپس راهبرد/ راهبردها از هر درس استخراج شدند.

### یافته‌ها

تحلیل خلاصه فرآیندهای آموزش علم و فناوری نانو در نمونه‌های مورد بررسی، به استخراج راهبرد/ راهبردها برای هر درس منجر شد. نتایج حاصل از تحلیل در جدول‌هایی اختصاصی به تفکیک موضوع مورد آموزش برای نمونه‌های مورد بررسی، همانند جدول ۲ قرار داده شدند که در حقیقت بیان‌کننده اطلاعات به دست آمده از بخش کیفی این پژوهش هستند.

جمع‌بندی نتایج حاصل از این بخش، نه تنها اطلاعاتی کیفی را در اختیار پژوهشگر قرار دادند، بلکه نتایج حاصل از آن در حکم داده‌های جدیدی عمل کردند که به شکل‌گیری بخش کمی پژوهش منجر شدند و امکان ایجاد مقایسه‌ها و سنجش‌های کیفی و کمی میان دو نمونه مورد بررسی را فراهم کردند. این یافته‌ها برای ایالات متحده آمریکا و استرالیا، به ترتیب به شرح جدول‌های دو بعدی ۳ و ۴، به تفکیک موضوع و دوره تحصیلی قرار داده شدند.

جدول ۲: بخشی از یک متن آموزشی (ایالات متحده آمریکا) در موضوع اندازه و مقیاس و راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراجی از تحلیل متن

ردیف	عنوان	دوره تحصیلی	خلاصه فرآیند آموزش	راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراجی شده از متن
۱	اندازه چیست؟	دوره اول ابتدایی (۱-۲)	<p>طرح چند سؤال درباره بزرگی و کوچکی، شروع و هدایت پاسخ‌ها و سؤالات توسط معلم با هدف ایجاد درک مفهوم اندازه؛</p> <p>درگیر کردن دانش‌آموزان در یک فعالیت عملی برای جدا کردن اشیاء در دسترس در دو ظرف با برچسب بزرگ و کوچک، استخراج و ثبت آن‌ها در قالب یک فهرست.</p> <p>انجام یک کار گروهی توسط دانش‌آموزان: ساخت یک شیء کوچک و بزرگ با استفاده از وسایل قابل دسترس و گرفتن عکس با استفاده از دوربین عکاسی کلاس</p> <p>بیان مواردی توسط معلم برای دانش‌آموزان که در آن‌ها باید از واژه‌های بزرگ و کوچک استفاده شود.</p>	<p>مباحثه</p> <p>کشفی</p> <p>تکلیف (گروهی)</p> <p>سخنرانی</p>

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۳: یافته‌های کمی درباره‌ی راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو در ایالات متحده آمریکا به تفکیک موضوع و دوره‌ی تحصیلی (الف) دوره‌ی ابتدایی، (ب) دوره متوسطه اول، (ج) دوره متوسطه دوم، (د) مشترک برای همه دوره‌ها.

موضوع دوره تحصیلی راهبرد	اندازه و مقیاس				سطح و حجم				تهیه نانو مواد				کاربرد				اخلاق و جامعه				مباحث نظری			
	الف	ب	ج	د	الف	ب	ج	د	الف	ب	ج	د	الف	ب	ج	د	الف	ب	ج	د	الف	ب	ج	د
سنخترانی	۲				۱				۵	۲			۷	۱										۱
سنخترانی - نمایشی	۳	۱	۳	۲			۱		۷				۱	۵	۱									
مباحثه	۲		۳	۱					۲	۱			۳	۱۱	۱									۱
کشفی	۵		۱	۲			۲		۲				۲	۱										
داستان گویی	۱																							۱
بازی و شبیه سازی	۲		۳						۲	۱			۱											۱
حل مسأله	۱		۴	۱			۱		۶				۸	۱										۱
حل خلاق مسأله									۲				۱											۱
طوفان مغزی									۲				۳											۱
تاریخی																								
زندگی نامه																								۱
موضوعی																								
هم مرکزی																								
اکتشافی																								
پروژه	۱		۱										۱	۱										
نمایشی																								
آزمایشگاه	۴	۱	۴	۱									۱											۱
علمی																								
گردش علمی																								
چند رسانه‌ای	۱		۵										۱	۱۲	۱									۱
تکلیف													۱	۵	۱									۱
ایفای نقش																								
فلش کارت																								
مدل و مدل سازی																								۱

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۴: یافته‌های کمی درباره راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو در استرالیا به تفکیک موضوع و دوره تحصیلی الف) دوره متوسطه اول (ب) دوره متوسطه دوم، ج) مشترک برای دوره متوسطه.

موضوع	اندازه و مقیاس	سطح و حجم	تهیه نانو مواد	کاربرد	اخلاق و جامعه	مباحث نظری
دوره تحصیلی راهبرد	الف	ب	الف ب	الف ب ج	ب	الف
سخنرانی	۴	۱	۱	۹	۱	
سخنرانی - نمایشی	۲	۲	۱	۲		
مباحثه	۱	۱	۲	۸	۱	
کشفی			۳	۲		
داستان‌گویی			۳			
بازی و شبیه‌سازی	۱		۲			
حل مسئله		۱	۲	۱		
حل خلاق مسئله				۲	۱	۱
طوفان مغزی				۱	۱	
تاریخی				۱		
زندگی‌نامه				۱		
موضوعی				۲		
هم‌مرکزی				۲		
اکتشافی				۱		۲
پروژه	۱			۵	۳	۳
نمایشی						
آزمایشگاه	۴	۱	۲	۲		
علمی	۴			۴		
گردش علمی				۱		
چندرسانه‌ای	۲	۱	۱	۴	۲	
تکلیف	۶	۲	۳	۵	۱	
ایفای نقش				۴		
فلش کارت	۱			۱		
مدل و مدل‌سازی			۱	۲		

در پاسخ به سؤال اول «راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و

۱. شایان ذکر که در برنامه‌های آموزشی علم و فناوری در استرالیا، پایه تحصیلی ذکر شده به صورت پایه ۸، مشترک پایه‌های ۷-۸، پایه ۹، مشترک پایه‌های ۱۰-۷، پایه ۱۰، مشترک پایه‌های ۱۰-۹، پایه‌های ۱۱-۱۲ بوده است که برای تسهیل مقایسه، پایه‌های تحصیلی ۷ الی ۹ به صورت دوره متوسطه اول و ۱۰ الی ۱۲ به صورت دوره متوسطه دوم و محتوای آموزشی که برای پایه‌های ۷ الی ۱۰ اختصاص یافته بود، تحت عنوان مشترک دوره متوسطه نامگذاری شدند.



فناوری نانو در دوره تحصیلی ۱۲-K برای هر کدام از نمونه‌های مورد مطالعه کدامند؟» یافته‌ها نشان می‌دهند که در ایالات متحده آمریکا راهبردهای به‌کارگرفته شده فقط به چند مورد محدود نشده‌اند و تقریباً برای تمامی دوره‌های تحصیلی از تنوع و گوناگونی بهره‌مند بوده است به گونه‌ای که از مجموع بیست و چهار راهبرد یاددهی-یادگیری متداول در آموزش علوم تجربی، نوزده راهبرد از متون آموزشی علم و فناوری نانو ۱۲-K استخراج شده است که پنج راهبرد هم‌مرکزی، اکتشافی، علمی، گردش علمی و فلش کارت در این فهرست موجود نبوده‌اند (جدول ۳). درباره استرالیا نیز راهبردهای به‌کار برده شده در آموزش علم و فناوری نانو تنوع بسیار خوبی داشته است و از بیست و چهار راهبرد یاددهی-یادگیری متداول در آموزش علوم تجربی، بیست و یک راهبرد از متون آموزشی علم و فناوری نانو برای دوره‌های اول و دوم متوسطه استخراج شدند که سه راهبرد زندگی‌نامه، نمایشی و گردش علمی از جمله مواردی بوده‌اند که در فهرست راهبردهای استخراج شده، قرار نداشتند (جدول ۴).

در پاسخ به سؤال دوم پژوهش «بین راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی با موضوع درس و دوره تحصیلی در هر کدام از نمونه‌های مورد مطالعه چه ارتباطی وجود داشته است؟» ارتباط بین راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده با موضوع درس و همچنین ارتباط بین راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده با دوره تحصیلی به طور جداگانه به شرح زیر بررسی شدند.

ارتباط بین راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده با موضوع درس در این قسمت با تلفیق یافته‌های کمی جدول‌های ۳ و ۴ و صرف نظر کردن از دوره‌های تحصیلی، فراوانی راهبردهای استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو در موضوعات درسی متفاوت<sup>۱</sup> به تفکیک به‌دست آمدند. این نتایج برای ایالات متحده آمریکا و استرالیا به ترتیب در جدول‌های ۵ و ۶ آورده شده‌اند.

۱. اندازه و مقیاس؛ سطح و حجم؛ تهیه، ویژگی‌ها و شناسایی نانو مواد و نانو ساختارها؛ کاربرد علم و فناوری نانو؛ اخلاق و جامعه در فناوری نانو؛ مباحث نظری علم و فناوری نانو

جدول ۵: راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو در موضوعات درسی مختلف (آمریکا)

موضوع	اندازه و مقیاس سطح و حجم تهیه نانو مواد کاربرد اخلاق و جامعه مباحث نظری	راهبرد
سخنرانی	۶	۱
سخنرانی - نمایشی	۹	۱
مباحثه	۶	۳
کشفی	۸	۳
داستان‌گویی	۱	۱
بازی و شبیه‌سازی	۵	۳
حل مسأله	۶	۲
حل اخلاق مسأله	۶	۲
طوفان مغزی	۳	۲
تاریخی	۱	۱
زندگی‌نامه	۱	۱
موضوعی	۱	۱
هم‌مرکزی	۱	۱
اکتشافی	۱	۱
پروژه	۳	۲
نمایشی	۱	۱
آزمایشگاه	۱۰	۱۲
علمی	۱۷	۱۷
گردش علمی	۱۷	۱۷
چند رسانه‌ای	۶	۱۴
تکلیف	۲	۷
ایفای نقش	۱	۳
فلش کارت	۱	۳
مدل‌های علمی و مدل‌سازی	۱	۳
مجموع راهبردها در هر موضوع	۶۴	۱۳
	۲۴	۸۸
	۱۵	۵۹



بر اساس جدول ۵، بیشترین فراوانی راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده به تفکیک موضوعات درسی علم و فناوری نانو در ایالات متحده آمریکا به شرح زیر هستند.

- اندازه و مقیاس: ۱- آزمایشگاه، ۲- سخنرانی- نمایشی و ۳- کشفی؛
- سطح و حجم: ۱- کشفی، تکلیف و ۲- حل مسأله،
- تهیه نانو مواد: ۱- آزمایشگاه، سخنرانی-نمایشی، سخنرانی و ۲- حل مسأله و تکلیف؛
- کاربرد: ۱- آزمایشگاه، ۲- مباحثه و ۳- چندرسانه‌ای
- اخلاق و جامعه: ۱- مباحثه و چند رسانه‌ای، ۲- سخنرانی و ۳- تکلیف؛
- مباحث نظری علم و فناوری نانو: چندرسانه‌ای.

جدول ۶: راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو در موضوعات درسی مختلف (استرالیا)

موضوع راهبرد	اندازه و مقیاس	سطح و حجم	تهیه نانو مواد	کاربرد	اخلاق و جامعه	مباحث نظری
سخنرانی	۴	۱	۳	۹	۱	
سخنرانی- نمایشی	۲		۳	۲		
مباحثه		۱	۶	۱۵	۱	
کشفی			۳	۴		
داستان‌گویی				۳		
بازی و شبیه‌سازی	۱		۳			
حل مسأله			۲			
حل خلاق مسأله				۲	۱	۱
طوفان مغزی				۱	۱	
تاریخی				۱		
زندگی‌نامه						
موضوعی				۱		
هم‌مرکزی				۲		
اکتشافی					۱	۲
پروژه	۱			۱۰	۳	۳
نمایشی						



موضوع راهبرد	اندازه و مقیاس	سطح و حجم	تهیه نانو مواد	کاربرد	اخلاق و جامعه	مباحث نظری
آزمایشگاه	۴	۱	۲	۸		
علمی	۴			۱		
گردش علمی						
چند رسانه‌ای	۲	۱	۳	۱۶	۲	
تکلیف	۶	۲	۴	۱۰	۱	
ایفای نقش				۱		
فلش کارت	۱					
مدل‌های علمی و مدل‌سازی			۱	۳		
مجموع راهبردها در هر موضوع	۲۵	۷	۳۰	۹۰	۱۱	۶

بر اساس جدول ۶، بیشترین فراوانی راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده به تفکیک موضوعات درسی علم و فناوری نانو استرالیا به شرح زیر هستند.

- اندازه و مقیاس: ۱- تکلیف، ۲- آزمایشگاه، علمی، سخنرانی، و ۳- چند رسانه‌ای، سخنرانی - نمایشی؛
- سطح و حجم: تکلیف؛
- تهیه نانو مواد: ۱- مباحثه، ۲- تکلیف، ۳- چند رسانه‌ای، بازی و شبیه‌سازی، کشفی، سخنرانی، سخنرانی-نمایشی؛
- کاربرد: ۱- چند رسانه‌ای، ۲- مباحثه، ۳- تکلیف، پروژه؛
- اخلاق و جامعه: ۱- پروژه و ۲- چند رسانه‌ای؛
- مباحث نظری علم و فناوری نانو: ۱- پروژه، و ۲- اکتشافی؛

ارتباط بین راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده با دوره تحصیلی

در این قسمت با استفاده از تلفیق یافته‌های جدول‌های ۳ و ۴ با صرف نظر کردن از موضوع درس، فراوانی راهبردهای استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو در دوره‌های تحصیلی مختلف نتیجه‌گیری می‌شوند. این یافته‌ها برای ایالات متحده آمریکا و استرالیا به ترتیب در جدول‌های ۷ و ۸ آورده شده‌اند.



جدول ۷: راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو در دوره‌های تحصیلی مختلف (آمریکا)

دوره تحصیلی راهبرد	ابتدایی	متوسطه اول	متوسطه دوم	مشترک برای همه دوره‌ها
سخنرانی	۳	۳	۲۱	
سخنرانی- نمایشی	۳	۲	۱۷	۳
مباحثه	۲	۴	۲۲	۲
کشفی	۷	۱	۸	۲
داستان‌گویی	۲		۱	
بازی و شبیه‌سازی	۳	۱	۷	
حل مسأله	۳	۱	۲۰	۱
حل خلاق مسأله		۳	۲	
طوفان مغزی		۲	۴	
تاریخی	۱			
زندگی‌نامه	۱			
موضوعی	۱			
هم‌مرکزی				
اکتشافی				
پروژه	۱		۳	۲
نمایشی				۱
آزمایشگاه	۴	۳	۳۰	۳
علمی				
گردش علمی				
چندرسانه‌ای	۶	۲	۲۷	۳
تکلیف	۳	۲	۱۵	۲
ایفای نقش		۱		
فلش کارت		۱		
مدل‌های علمی و مدل سازی		۱	۳	
مجموع راهبردها در هر دوره	۴۰	۲۴	۱۸۰	۱۹

یافته‌های جدول ۷ بیان‌کننده این هستند که در دوره ابتدایی، راهبردهای ۱- کشفی؛ ۲- چندرسانه‌ای؛ ۳- آزمایشگاه؛ ۴- حل مسأله، بازی و شبیه‌سازی، سخنرانی، تکلیف و سخنرانی-نمایشی؛ ۵- داستان‌گویی، و مباحثه؛ و ۶- تاریخی، موضوعی، پروژه و زندگی‌نامه به ترتیب اولویت داشته‌اند. در دوره متوسطه اول، راهبردهای استخراج شده به ترتیب فراوانی شامل: ۱- مباحثه؛ ۲- سخنرانی، حل خلاق مسأله و آزمایشگاه؛ ۳- سخنرانی-نمایشی، طوفان

مغزی، و تکلیف و ۴- کشفی، بازی و شبیه‌سازی، حل مسأله، ایفای نقش و مدل‌های علمی و مدل‌سازی بوده‌اند. در دوره متوسطه دوم به ترتیب فراوانی راهبردهای ۱- آزمایشگاه؛ ۲- چندرسانه‌ای؛ ۳- مباحثه؛ ۴- سخنرانی؛ ۵- حل مسأله؛ ۶- سخنرانی-نمایشی؛ ۷- تکلیف؛ ۸- کشفی؛ ۹- بازی و شبیه‌سازی؛ ۱۰- طوفان مغزی؛ ۱۱- پروژه و مدل‌های علمی و مدل‌سازی؛ ۱۲- حل خلاق مسأله و ۱۳- داستان گویی، استخراج شدند. راهبردهای مشترک استخراج شده برای همه دوره‌ها نیز به ترتیب راهبردهای ۱- آزمایشگاه، چندرسانه‌ای، و سخنرانی-نمایشی؛ ۲- مباحثه، کشفی، پروژه، و تکلیف و ۳- حل مسأله و نمایشی بوده‌اند.

جدول ۸: راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو در دوره‌های تحصیلی مختلف (استرالیا).

راهبرد	دوره تحصیلی		
	دوره اول متوسطه	دوره دوم متوسطه	مشترک برای دوره متوسطه
سخنرانی	۵	۱۳	
سخنرانی-نمایشی	۴	۳	
مباحثه	۴	۱۴	۵
کشفی	۲	۵	
داستان گویی		۳	
بازی و شبیه‌سازی	۲	۲	
حل مسأله	۳	۱	
حل خلاق مسأله	۱	۳	
طوفان مغزی		۲	
تاریخی			
زندگی‌نامه			
موضوعی			۱
هم‌مرکزی		۲	
اکتشافی	۲	۱	
پروژه	۵	۸	۴
نمایشی			
آزمایشگاه	۸	۵	۲



راهبرد	دوره تحصیلی		
	دوره اول متوسطه	دوره دوم متوسطه	مشترک برای دوره متوسطه
علمی	۴	۱	
گردش علمی			
چندرسانه‌ای	۷	۱۵	۲
تکلیف	۱۴	۸	۱
ایفای نقش		۱	
فلش کارت	۱		
مدل‌های علمی و مدل‌سازی	۱	۳	
مجموع راهبردها در هر دوره	۶۳	۹۱	۱۵

یافته‌های جدول ۸ نشان می‌دهند که در دوره متوسطه اول به ترتیب راهبردهای استخراج شده ۱- تکلیف؛ ۲- آزمایشگاه؛ ۳- چندرسانه‌ای؛ ۴- پروژه و سخنرانی؛ ۵- مباحثه، سخنرانی-نمایشی، علمی؛ ۶- حل مسأله؛ ۷- کشفی، بازی و شبیه‌سازی و اکتشافی و ۸- حل خلاق مسأله، فلش کارت، و مدل‌های علمی و مدل‌سازی، دارای بیشترین فراوانی بوده‌اند. در دوره متوسطه دوم نیز راهبردهای استخراج شده به ترتیب شامل: ۱- چندرسانه‌ای؛ ۲- مباحثه؛ ۳- سخنرانی؛ ۴- پروژه، و تکلیف؛ ۵- کشفی، و آزمایشگاه؛ ۶- سخنرانی-نمایشی، حل خلاق مسأله، مدل‌های علمی و مدل‌سازی، و داستان‌گویی؛ ۷- طوفان مغزی، هم‌مرکزی و بازی و شبیه‌سازی و ۸- حل مسأله، تاریخی، اکتشافی، علمی، و ایفای نقش بوده‌اند. درباره راهبردهای مشترک برای دوره متوسطه نیز به ترتیب راهبردهای ۱- مباحثه؛ ۲- پروژه؛ ۳- آزمایشگاه و چند رسانه‌ای و ۴- موضوعی و تکلیف، با بیشترین فراوانی‌ها استخراج شدند.

پاسخ به پرسش سوم پژوهش «مقایسه راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو در نمونه‌های مورد مطالعه چه نتایجی را نشان می‌دهند؟»، به عنوان یافته نهایی منتج شده از جدول‌های ۳ و ۴ این پژوهش محسوب می‌شود. به این منظور با تلفیق یافته‌های راهبردهای یاددهی-یادگیری علم و فناوری نانو مرتبط با موضوع درسی و دوره تحصیلی در آمریکا و استرالیا، جدول‌های ۹ و ۱۰ به دست می‌آیند که امکان مقایسه نهایی بین دو نمونه مورد بررسی را میسر می‌کند.

جدول ۹: راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو در آمریکا.

فراوانی	% فراوانی	
۲۷	۱۰/۲۶	سخنرانی
۲۵	۹/۵۰	سخنرانی - نمایشی
۳۰	۱۱/۴۰	مباحثه
۱۸	۶/۸۴	کشفی
۳	۱/۱۴	داستان‌گویی
۱۱	۴/۱۸	بازی و شبیه‌سازی
۲۵	۹/۵۰	حل مسأله
۵	۱/۹۰	حل خلاق مسأله
۶	۲/۲۸	طوفان مغزی
۱	۰/۳۸	تاریخی
۱	۰/۳۸	زندگی‌نامه
۱	۰/۳۸	موضوعی
۰	۰	هم‌مرکزی
۰	۰	اکتشافی
۶	۲/۲۸	پروژه
۱	۰/۳۸	نمایشی
۴۰	۱۵/۲۱	آزمایشگاه
۰	۰	علمی
۰	۰	گردش علمی
۳۶	۱۳/۷۰	چندرسانه‌ای
۲۲	۸/۳۸	تکلیف
۱	۰/۳۸	ایفای نقش
۰	۰	فلش کارت
۴	۱/۵۳	مدل‌های علمی و مدل‌سازی
۲۶۳	۱۰۰	مجموع

همان‌طور که از نتایج جدول ۹ مشخص می‌شود، با توجه به متون آموزشی علم و فناوری نانو در ایالات متحده آمریکا، راهبردهای یاددهی-یادگیری ۱- آزمایشگاه؛ ۲- چندرسانه‌ای؛ ۳- مباحثه؛ ۴- سخنرانی؛ ۵- حل مسأله و سخنرانی-نمایشی؛ ۶- تکلیف؛ ۷- کشفی؛ ۸- بازی و شبیه‌سازی؛ ۹- طوفان مغزی، و پروژه؛ ۱۰- حل خلاق مسأله؛ ۱۱- مدل‌های علمی و مدل‌سازی؛ ۱۲- داستان‌گویی؛ ۱۳- تاریخی، زندگی‌نامه، موضوعی، ایفای نقش و نمایشی، به ترتیب بیشترین فراوانی را داشته‌اند.

جدول ۱۰: راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو در استرالیا.

فراوانی	% فراوانی	
۱۸	۱۰/۶۵	سخنرانی
۷	۴/۱۴	سخنرانی - نمایشی
۲۳	۱۳/۶۱	مباحثه
۷	۴/۱۴	کشفی
۳	۱/۷۷	داستان‌گویی
۴	۲/۳۷	بازی و شبیه‌سازی
۴	۲/۳۷	حل مسأله
۴	۲/۳۷	حل خلاق مسأله
۲	۱/۱۸	طوفان مغزی
۱	۰/۶	تاریخی
۰	۰	زندگی‌نامه
۱	۰/۶	موضوعی
۲	۱/۱۸	هم‌مرکزی
۳	۱/۷۷	اکتشافی
۱۷	۱۰/۰۵	پروژه
۰	۰	نمایشی
۱۵	۸/۸۷	آزمایشگاه
۵	۲/۹۵	علمی
۰	۰	گردش علمی
۲۴	۱۴/۲۰	چندرسانه‌ای
۲۳	۱۳/۶۱	تکلیف
۱	۰/۶	ایفای نقش
۱	۰/۶	فلش کارت
۴	۲/۳۷	مدل‌های علمی و مدل‌سازی
۱۶۹	۱۰۰	مجموع

جدول ۱۰ بیان‌کننده این است که با توجه به متون آموزشی علم و فناوری نانو در استرالیا، راهبردهای یاددهی-یادگیری ۱- چندرسانه‌ای؛ ۲- تکلیف، و مباحثه؛ ۳- سخنرانی؛ ۴- پروژه؛ ۵- آزمایشگاه؛ ۶- کشفی، و سخنرانی-نمایشی؛ ۷- علمی؛ ۸- حل مسأله، حل خلاق مسأله، بازی و شبیه‌سازی، و مدل‌های علمی و مدل‌سازی؛ ۹- داستان‌گویی، و اکتشافی؛ ۱۰- طوفان مغزی، و هم‌مرکزی و ۱۱- تاریخی، موضوعی، ایفای نقش، و فلش کارت، بیشترین فراوانی را داشته‌اند.

## بحث و نتیجه‌گیری

با جمع‌بندی یافته‌های حاصل از بخش یافته‌های پژوهش اینگونه می‌توان نتیجه‌گیری کرد

که:

- از میان راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده از متون آموزشی علم و فناوری نانو در نمونه‌های مورد بررسی، رتبه اول از منظر فراوانی در آمریکا راهبرد آزمایشگاه با اختصاص ۱۵/۲۱٪ و در استرالیا راهبرد چندرسانه‌ای با سهم ۱۴/۲۰٪ قرار داشته‌اند. راهبرد آزمایشگاه از جمله راهبردهایی است که نقش دانش‌آموزان در آن بسیار فعال است، درحالی که میزان فعال بودن دانش‌آموزان در راهبرد چند رسانه‌ای بسته به میزان همراهی با سایر راهبردهای یاددهی-یادگیری فعال، در فرآیند آموزش دارد. راهبرد چندرسانه‌ای هنگامی که به دلایلی امکان حضور دانش‌آموزان در آزمایشگاه میسر نیست، یکی از بهترین جایگزین‌ها برای راهبرد آزمایشگاه محسوب می‌شود و این گونه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که به دلیل محدودیت امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی در برخی از موضوعات درسی، راهبرد چندرسانه‌ای در استرالیا جایگزین راهبرد آزمایشگاه قرار گرفته است. این راهبرد قادر است که درک بهتری از مفاهیمی ایجاد کند که بیشتر جنبه انتزاعی دارند (باگاریا و همکارانش، ۲۰۱۱). از آن جایی که مخاطبان اصلی در برنامه‌های آموزش علم و فناوری نانو در استرالیا دانش‌آموزان متوسطه اول به بالا بوده‌اند، لذا حرکت از سمت راهبردهای عینی تر (آزمایشگاه) به سمت راهبردهای ذهنی‌تر (چندرسانه‌ای) بر اساس امکانات موجود و صلاحدید برنامه‌ریزان انجام شده است. شایان ذکر است که مطابق با نتایج جدول‌های ۹ و ۱۰، راهبرد آزمایشگاه که در آمریکا در رتبه اول ایستاده است، در استرالیا با سهم ۸/۸۷٪ از کل راهبردها، در مقام پنجم قرار دارد. در حالی که راهبرد چندرسانه‌ای در آمریکا با اختلاف کمی از استرالیا (۰/۵۰٪) در مقام دوم ایستاده است.
- رتبه دوم راهبردهای یاددهی-یادگیری از منظر فراوانی، در استرالیا راهبردهای تکلیف و مباحثه (۱۳/۶۱٪)، و در آمریکا نیز راهبرد چندرسانه‌ای با سهم ۱۳/۷۰ درصدی از کل راهبردها بوده است. راهبرد تکلیف از منظر میزان فعال بودن





دانش‌آموزان میان دو راهبرد کشفی (دانش‌آموز فعال) و سخنرانی یا نمایشی (معلم فعال) قرار دارد که توازن و هماهنگی میان میزان فعال بودن نقش معلم و دانش‌آموز در این راهبرد به وجود آمده است.

- رتبه سوم راهبردها در آمریکا راهبرد مباحثه با سهم ۱۱/۴۰ درصدی و در استرالیا راهبرد سخنرانی با سهم ۱۰/۶۵ درصدی بوده است. راهبرد مباحثه از جمله راهبردهای فعال است و برای موضوعاتی در علم و فناوری نانو که به راحتی با راهبردهای دیگر به تنهایی قابل توضیح نبوده‌اند، مناسب در نظر گرفته شده است. در اکثر موارد نیز در آموزش برخی از موضوعات علم و فناوری نانو از جمله کاربردهای علم و فناوری، پیامدهای اجتماعی و اخلاقی فناوری نانو و تهیه، کاربرد و شناسایی نانو مواد، راهبرد مباحثه، برای آغاز یا تکمیل مبحث دیده شده است. راهبرد سخنرانی نیز همیشه به عنوان یکی از اولین راهبردها برای ورود به مباحث مورد استفاده واقع شده است، این راهبرد در آمریکا رتبه چهارم را از منظر فراوانی به خود اختصاص داده است.
- شش راهبرد اول که بخش اعظمی از فراوانی راهبردهای استخراج شده در آموزش علم و فناوری نانو را پوشش می‌دهند، در آمریکا، سهمی معادل با ۷۴/۹۵٪ (از مجموع ۱۹ راهبرد به‌کاربرده شده) و در استرالیا ۷۹/۲۷٪ (از مجموع ۲۱ راهبرد به‌کار برده شده) دارا هستند (با اختلاف کم نسبت به یکدیگر). این شش راهبرد در آمریکا به ترتیب آزمایشگاه؛ چندرسانه‌ای؛ مباحثه؛ سخنرانی؛ حل مسأله و سخنرانی-نمایشی؛ و تکلیف؛ و در استرالیا به ترتیب چندرسانه‌ای؛ تکلیف؛ و مباحثه؛ سخنرانی؛ پروژه؛ آزمایشگاه و کشفی، و سخنرانی-نمایشی بوده‌اند.
- اگر چه در فهرست راهبردهای استخراج شده از متون آموزش علم و فناوری نانو در آمریکا، پنج راهبرد هم‌مرکزی، اکتشافی، علمی، ایفای نقش، گردش علمی، و فلش کارت و در استرالیا سه راهبرد زندگی‌نامه، نمایشی و گردش علمی، غایب بودند، ولی شکلهایی از برخی از راهبردهای غایب در میان راهبردهای استخراج شده موجود بودند، از جمله: راهبردهای حل مسأله و حل خلاق مسأله (شکلهایی خاص

از راهبرد علمی) و یا راهبرد کشفی (شکل بسط‌یافته راهبرد اکتشافی و ترکیبی از راهبردهای آزمایشگاه+اکتشافی).

- شایان ذکر است، اگر چه راهبردهای سخنرانی و سخنرانی-نمایشی سهم جالب توجهی از کل راهبردهای استخراج شده از متون آموزش علم و فناوری نانو را در آمریکا (سخنرانی: ۱۰/۲۶٪ و سخنرانی-نمایشی: ۹/۵٪) و استرالیا (سخنرانی: ۱۰/۶۵٪ و سخنرانی-نمایشی: ۴/۱۴٪) در برداشته‌اند، ولی با توجه به تحلیل به عمل آمده از محتواهای آموزشی در نمونه‌های مورد بررسی، هیچ‌گاه در آموزش یک موضوع درسی این دو راهبرد به عنوان تنها راهبرد یاددهی-یادگیری به‌کاربرده نشده‌اند و همواره در آغاز فرآیند آموزش یا نتیجه‌گیری از آموزش به عنوان یکی از راهبردهای مکمل، در کنار راهبردهای فعال دیده شده‌اند.
- در هر دو نمونه مورد بررسی، مبحث کاربرد علم و فناوری نانو یکی از پر تراکم‌ترین موضوعات درسی از منظر فراوانی و تنوع راهبردهای یادگیری-یاددهی بوده است، به‌گونه‌ای که از مجموع راهبردهای استخراج شده از محتوای آموزشی در آمریکا ۳۳/۴۶٪ و در استرالیا ۵۳/۲۵٪ راهبردها در موضوع کاربرد علم و فناوری دیده شده است که این موضوع نشان‌دهنده انعطاف‌پذیری بالای موضوع درسی کاربرد علم و فناوری نانو، جهت اتخاذ راهبردهای متنوع و متعدد در آموزش آن است. موضوعات تهیه نانو مواد (آمریکا: ۲۲/۴۳٪، استرالیا: ۱۷/۷۵٪) و اندازه و مقیاس (آمریکا: ۲۴/۳۳٪، استرالیا: ۱۴/۷۹٪) نیز بعد از موضوع کاربرد علم و فناوری نانو، متنوع‌ترین و فراوان‌ترین راهبردها را به خود اختصاص دادند.
- در هر دو نمونه مورد بررسی، راهبردهای استخراج شده در دوره متوسطه دوم در مقایسه با سایر دوره‌ها، بالاترین فراوانی را نشان داده‌اند به گونه‌ای از مجموع راهبردهای استخراج شده از محتوای آموزشی علم و فناوری نانو در آمریکا، ۶۸/۴۴٪ و در استرالیا ۵۳/۸۵٪ راهبردها به این دوره تعلق داشته است.
- در محتوای آموزشی علم و فناوری نانو در ایالات متحده آمریکا، راهبردهای کشفی، چند رسانه‌ای و آزمایشگاه در دوره ابتدایی، به ترتیب سه راهبرد اول از منظر فراوانی بوده، در حالی که در دوره متوسطه دوم راهبردهای آزمایشگاه، چند رسانه‌ای و



مباحثه، به ترتیب بالاترین فراوانی را نشان داده‌اند. در تبیین این تفاوت مهم‌ترین نکته این است که اگر چه راهبرد کشفی خود متشکل از دو راهبرد آزمایشگاه و اکتشافی است، ولی تفاوت آن با راهبرد آزمایشگاه در این است که با وسایل بسیار ارزان، ساده نیز انجام‌پذیر است و هر مکانی می‌تواند در حکم آزمایشگاه باشد. در حالی که در راهبرد آزمایشگاه به مکان خاص با امکانات ویژه و همچنین مهارت‌های بالایی نیاز است که بیشتر مطابق با ویژگی‌های دانش‌آموزان دوره متوسطه است. این تفاوت خود مؤید تناسب راهبرد یاددهی-یادگیری با دوره تحصیلی است.

- با بررسی راهبردهای استخراج شده از محتوای آموزشی علم و فناوری نانو و تنوع راهبردهای منتج شده از متون، اینگونه می‌توان نتیجه‌گیری کرد، که محتوای متون آموزشی در هر دو نمونه مورد بررسی به گونه‌ای تدوین شده‌اند که معلم را بسته به شرایط موجود به انتخاب راهبردهای فعال متنوع و متعدد در فرآیند آموزش دعوت می‌کنند، به گونه‌ای که دانش‌آموزان را به‌طور فعال درگیر ساخت و ایجاد درکی از حقایق، ایده‌ها و مهارت‌های علم و فناوری نانو از طریق فعالیت‌ها و وظایف تکمیلی می‌کند (بل و کارهوف، ۲۰۰۶) و در نتیجه نقش دانش‌آموزان در فرآیند یادگیری به مراتب پر رنگ‌تر و فعال‌تر از نقش معلم می‌شود.
- جمع‌بندی نتایج نشان می‌دهد که در هر دو نمونه مورد بررسی، حتی در آموزش یک موضوع معین از علم و فناوری نانو و برای مخاطبان معین، راهبردهای یاددهی-یادگیری استخراج شده به یک راهبرد خاص محدود نبوده و از تنوع و تعدد برخوردار بوده‌اند، لذا فرآیند آموزش طیف گسترده‌تری از دانش‌آموزان حاضر در یک کلاس درس را با سطوح متفاوتی از یادگیری، پوشش می‌دهد (ملکی، ۱۳۹۱).
- همچنین از مقایسه نتایج حاصل از پژوهش‌های بین‌المللی<sup>۱</sup> با نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که یافته‌های پژوهش حاضر با اشراف بر راهبردهای یاددهی-یادگیری متداول در آموزش علوم تجربی، به شکلی جامع، راهبردهای استخراج شده از محتوای آموزشی علم و فناوری نانو را بررسی کرده و ضمن

۱. که به صورت موردی، موفقیت یک یا چند راهبرد را در موضوع خاصی از علم و فناوری نانو بررسی کرده‌اند (به بخش پیشینه مراجعه شود).

مقایسه چگونگی ارتباط راهبردهای یاددهی-یادگیری با دو عامل موضوع درسی و دوره تحصیلی، شباهت‌ها و تفاوت‌ها را در دو نمونه مورد بررسی بیان و تا حد امکان تبیین کرده است و نهایتاً مشخص شد که علاوه بر این‌که، انتخاب راهبردهای یاددهی-یادگیری مناسب در آموزش علم و فناوری نانو از عواملی چون موضوع درسی و دوره تحصیلی<sup>۱</sup> تأثیرپذیر است، از عوامل دیگری چون امکانات، اولویت‌ها و سیاست‌گذاری‌های آموزشی نیز متأثر است. به همین دلیل مشاهده می‌شود که در نظام‌های آموزشی متفاوت و حتی مدارس مختلف در یک نظام آموزشی واحد، به راهبردهای یاددهی-یادگیری متفاوتی (در آموزش علم و فناوری نانو) تمرکز و توجه شده است (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰). به این ترتیب مدرسان و معلمان با اشراف به عوامل اثرگذار ذکر شده در این پژوهش می‌توانند با آگاهی بیشتر به انتخاب راهبردهای یاددهی-یادگیری متناسب در کلاس درس علم و فناوری نانو مبادرت کنند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

۱. طراحی و انتخاب روش تدریس بایستی بر حسب ماهیت موضوع مورد آموزش و چگونگی یادگیری دانش‌آموز صورت گیرد (وست‌وود، ۲۰۰۸).

2. Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)



## منابع

- خدایاری شهسواری، ایرج. (۱۳۸۷). مطالعه تطبیقی روش‌های آموزش فناوری نانو در ایران و کشورهای پیشرو و ارائه مناسب‌ترین روش‌های آموزش در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران.
- کرسول، جان و پلانوکلاک، ویکی (۱۳۹۰). روش‌های پژوهش ترکیبی، ترجمه علیرضا کیامنش، تهران: آبیژ.
- میرزاییگی، علی (۱۳۸۴). برنامه‌ریزی درسی و طرح درس در آموزش رسمی و تربیت نیروی انسانی. تهران: یسپرون.
- ملکی، حسن (۱۳۹۱). برنامه‌ریزی درسی (راهنمای عمل). تهران: مدرسه.
- مهربان، زهرا (۱۳۹۱). راهنمای ورود مفاهیم علم و فناوری نانو در محتوای کتاب‌های درسی شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی دوره متوسطه تحصیلی (طرح پژوهشی شماره ۶۶۲). تهران: پژوهشگاه مطالعات آموزش و پرورش.
- Abdul Mateen, T. (2013). Role of using brainstorming on student learning outcomes during teaching of science studies at middle level interdisciplinary. *Journal of contemporary research in business*, 4 (9): 1089- 1097.
- cero, V. O., Javier, E. S. & Castro, H. O. (2010). *Principles and Strategies of Teaching*. Manila, Philipnes: Book store.
- Bagaria, H. G., Michelle R., Dean, M. R., Nichol, C. A. & Wong, M. S. (2011). Self-Assembly and Nanotechnology: Real-Time, Hands-On, and Safe Experiments for K-12 Students. *Journal of Chemical Education*, 88 (5): 609-614.
- Bell, D. & Kahrhoff, J. (2006). *Active Learning Handbook*. Webster University, Retrieved from: [http://www.cgs.pitt.edu/sites/default/files/Doc6-GetStarted\\_ActiveLearningHandbook.pdf](http://www.cgs.pitt.edu/sites/default/files/Doc6-GetStarted_ActiveLearningHandbook.pdf).
- Blonder, R. & Sakhnini, S. (2012). Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 500-516.
- Campos, A.R., Knutson, C.M., Knutson, T. R., Mozzetti, A. R., Haynes, C.L. & Lee Penn R. (2016). Quantifying Gold Nanoparticle Concentration in a Dietary Supplement Using Smartphone Colorimetry and Google Applications. *Journal of Chemical Education*, 93 (2): 318-321.

- Dale, E. (1969). *Audio visual Methods in Teaching*. New York: Rinehart and Winston, INC.
- Das, R. C. (2007). *Science Teaching in Schools*. New Delhi: starling Publisher.
- Eash, M. J. (1991). Curriculum Components. In A. Lewy (Ed.), *the International Encuclopedia of Curriculum*. Oxford: Pergamon Press, p.p. 67-69.
- Eisner, E.W. (1994). *The Educational Imagination: On the Design and Evaluation of School programs*. New York, NY: Macmillan Publishing.
- Feather J. L. & Aznar M. F. (2011). *Nanoscience Education, Workforce Training, and K-12 Resources*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Gilbert, S. W. (2011). *Models-Based Science Teaching: Understanding and Using Mental Models*. Virginia: NSTA Press.
- Goodlad, J. I. (1979). *Curriculum inquiry: The study of curriculum practice*. New York, NY: McGraw Hill.
- Goss, V., Brandt, S. & Lieberman, M. (2013). The Analog Atomic Force Microscope: Measuring, Modeling, and Graphing for Middle School. *Journal of Chemical Education*, 90 (3), 358–360.
- Gredler, M. E. (2004). Games and simulations and their relationships to learning. In Jonassen, D. H. (Ed.), *Handbook of research on educational communications and technology* (2nd Ed.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, p.p. 571-581.
- Hajkova, Z., Fejfar, A. & Smejkal, P. (2013). Two Simple Classroom Demonstrations for Scanning Probe Microscopy Based on a Macroscopic Analogy. *Journal of Chemical Education*, 90 (3), 361–363.
- Hudson, R., Bishop Al., Glaisher, S. & Katz, J. L. (2015). Visualizing Nanocatalysts in Action from Color Change Reaction to Magnetic Recycling and Reuse. *Journal of Chemical Education*, 92 (11), 1892–1895.
- Kalra, R. M. & Gupta, V. (2012). *Teaching of science, a Modern approach*. New Delhi: PHI Learning Private limited.
- Kao, J.Y., Yang, M.H. & Lee, C.Y. (2015). From Desktop Toy to Educational Aid: Neo Magnets as an Alternative to Ball-and-Stick Models in Representing Carbon Fullerenes. *Journal of Chemical Education*, 92 (11), 1871–1875
- Klein, M.F. (1985). Curriculum Design. In Husen, T. & Postlethwaite, T. N. (Eds.), *International Encyclopedia of Education: Curriculum Studies*. Volume II, Oxford England: Pergamon Press, pp. 1163-1170.
- Lakshmi, G. B. & Rao, D. B. (2004). *Methods of Teaching Life Sciences*. New Delhi: Discovery Publishing House.
- Laxmi, G. V. S., Subbaiah, G. L. & Rao, D. B. (2010). *Methods of Teaching Environmental Sciences*. New Delhi: Discovery Publishing House.
- National Research Council (NRC) Committee on Undergraduate Science Education. (1997). *Science Teaching Reconsidered: A Handbook*.



- Washington, D.C.: National Academy Press.
- Organization for Economic Cooperation and Development, OECD. (2010). *Mathematics Teaching and Learning Strategies in PISA*. Retrieved from: <https://www.oecd.org/edu/school/programmeforinternationalstudentassessments/pisa/46052236.pdf>.
- Poorman, P. B. (2002). Biography and role-playing: fostering empathy in abnormal. *Teaching of Psychology*, 29 (1), 32-36.
- Prensky, M. (2001). *Digital game-based learning*. New York: McGraw-Hill.
- Prensky, M. (2006). *Don't bother me mom – I'm learning: How computer and video games are preparing your kids for 21st century success – and how you can help*. St. Paul, MN: Paragon House.
- Ramakrishna, B. L., Ong E. W., Garcia, A. A., Pizziconi, V. B., Razdan A. & Glaunsinger, W. S. (2000). Interactive Nano-Visualization of Materials over the Internet. *Journal of Chemical Education*, 77 (9), 1114-1115.
- Royal Society Policy document. (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. UK, London: Latimer Trend Ltd, Plymouth.
- Ruben, B. R. (1999). *Simulations, Games, and Experience-Based Learning: The Quest for a New Paradigm for Teaching and Learning*. *Simulation & Gaming*, 30(4), 498-505.
- Singh, Y. K. & Nath, R. (2007). *Teaching of General Science*, New Delhi: APH Publishing.
- Sree, K. J. & Rao, D. B. (2004). *Methods of Teaching Science*. New Delhi: Discovery Publishing House.
- Strauss, K. (2006). *Tales and Tails: Storytelling the Wonders of the Natural World*. London UK: A member of Greenwood publishing group.
- Tulasi, G. P. (2004). *Methods of Teaching Elementary Science*. New Delhi: Discovery Publishing House.
- Van den Akker, J. (2010). Building bridges: how research may improve curriculum policies and classroom practices. In Van den Akker, J. & Stoney, S. M. (Eds.), *Beyond Lisbon 2010: perspectives from research and development for education policy in Europe*. Berkshire: National Foundation for Educational Research the Mere, p.p.175-195.
- Westwood, P. (2008). *What teachers need to know about teaching methods*. Camberwell, Vic: ACER Press.
- Wilson, C. (2013). *Brainstorming and Beyond, A User-Centered Design Method*. UK: Morgan Kaufmann.
- Yardley-Matwiejczuk, K. M. (1997). *Role Play: Theory and Practice*. London UK: SAGE.
- Yoakam, G. A. & Simpson, R. G. (1963). *Modern Methods and Techniques of teaching*. New York: The Macmillan Company.

---

**Educational Content Analysis of Nano Science and  
Technology Courses in Australia and U.S.A with a  
focus on Teaching-Learning Strategies**

---

Zahra Mehraban<sup>1</sup>

Assistant professor, Organization for Educational Research and Planning (OERP)

**Abstract:**

The aim of this study was the investigation of the teaching and learning strategies extracted from the educational content of Nano science and technology courses in developed countries to find out the relationship of the strategies with content and educational level, and also comparing the extracted strategies in the selected samples. The study was conducted using mixed methods research (an exploratory design). The population included all pioneer countries in the field of Nano science and technology in their K-12 programs. The samples (United States of America and Australia) were selected through nonprobability purposive sampling method according to some pre-defined criteria. The results revealed that the extracted teaching and learning strategies (of the two studied samples) had so high variety that from 24 common teaching strategies of experimental science, 19 various strategies were extracted from the educational content in the USA and 21 strategies were extracted from the content in Australia. It was found that the extracted strategies were highly related to the subject and the educational level. Finally, the comparison of the two samples revealed that factors such as possibilities, priorities and educational policies had influences on the selection of strategies in teaching Nano science and technology.

*Keywords: Teaching-learning strategies; Mixed-methods research; Nano science and technology*

---

<sup>1</sup>. he\_mehraban@yahoo.com

DOI: 10.22051/jontoe.2017.9068.1208

Reseived:2016/3/14

Accepted:2017/2/14