

شناسایی انواع دانش محتوایی ضروری آموزگاران در درس علوم تجربی مبتنی بر تحولات هوش مصنوعی

حسین بهاری* علیرضا عصاره** مصطفی قادری*** سید محمد رضا امام جمعه**** سید رسول عمادی*****

* دانشجوی دکتری مطالعات برنامه درسی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران h.bahari2631@gmail.com

** استاد مطالعات برنامه درسی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران alireza_assareh@yahoo.com

*** دانشیار مطالعات برنامه درسی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

m.ghaderi@atu.ac.ir

**** دانشیار برنامه ریزی درسی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران m_r_imam@yahoo.com

***** دانشیار تکنولوژی آموزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

R.Emadi@sru.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۴/۱۰ تاریخ شروع بررسی: ۱۴۰۴/۴/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۸/۲۲

چکیده

پژوهش حاضر با استفاده از روش کیفی و نوع سنتزپژوهی، به شناسایی انواع دانش محتوایی ضروری معلمان علوم در عصر هوش مصنوعی پرداخته است. داده‌های این تحقیق شامل ۴۸ مقاله علمی پژوهشی داخلی و خارجی در شش سال اخیر بوده که از طریق جستجوی نظام‌مند گردآوری شده و با استفاده از الگوی شش مرحله‌ای سنتزپژوهی روبرتس، در سه مرحله کدگذاری باز، محوری و گزینشی تحلیل گردیدند. یافته‌ها نشان داد که دانش محتوایی ضروری معلمان در سه بعد دانش محتوایی، دانش محتوایی-آموزشی و دانش فناوری-آموزشی-محتوایی قابل تبیین است. این مؤلفه‌ها با بهره‌گیری از هوش مصنوعی تقویت شده و امکان یادگیری فعال، شخصی‌سازی شده و میان‌رشته‌ای را فراهم می‌کنند. تلفیق این ابعاد در چارچوب مدل AI-TPACK می‌تواند مبنای ارتقای شایستگی‌های معلمان علوم باشد. از نظر نظری، این مدل بر رویکردهای سازنده‌گرایی و ارتباط‌گرایی به‌عنوان رویکردهای اصلی و بر رویکردهای شناختی و رفتارگرایی به‌عنوان رویکردهای پشتیبان استوار است و به اثربخشی آموزش علوم تجربی در دوره ابتدایی کمک می‌کند.

کلمات کلیدی: دانش محتوایی، دانش ضروری، آموزگاران علوم، هوش مصنوعی

Identifying the types of Essential Content Knowledge for Science Teachers Based on Artificial Intelligence Developments

Hossein Bahari Big Baghlou, PhD Student in Curriculum, Shahid Rajaei Teacher Training University, Faculty of Humanities, Tehran, Iran

Alireza Assare, Professor of Curriculum Studies, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

Mostafa Ghaderi, Associate Professor of Curriculum Studies, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Allameh Tabatabaie University, Tehran, Iran

Mohammadreza Imamjome, Associate Professor of Curriculum Studies, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

Seyed Rasoul Emadi, Associate Professor of Curriculum Studies, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

Abstract

The present study utilized a qualitative approach through research synthesis to identify the types of essential content knowledge for science teachers in the era of artificial intelligence. The data consisted of 48 peer-reviewed domestic and international articles published in the last six years, systematically gathered and analyzed using Roberts' six-stage research synthesis framework through open, axial, and selective coding. The findings revealed that essential content knowledge for science teachers can be categorized into three main dimensions: content knowledge, pedagogical content knowledge, and technological-pedagogical-content knowledge. The components of these dimensions are enhanced by artificial intelligence, enabling active, personalized, and interdisciplinary learning. Integrating these dimensions within the AI-TPACK framework can provide a foundation for enhancing science teachers' competencies. Theoretically, this model is primarily based on constructivist and connectivist approaches, with cognitive and behaviorist approaches serving as supportive foundations, thus making elementary science education more effective.

Keywords :Content Knowledge, Essential Knowledge, Science Teachers, Artificial Intelligence

در سه دهه اخیر، گفتمان «دانش ضروری معلمان» به یکی از مباحث کلیدی در آموزش و پرورش تبدیل شده است. در دهه ۱۹۹۰، توجه اصلی بر دانش محتوایی و دانش آموزشی متمرکز بود، اما از آغاز قرن بیست و یکم، با توسعه فناوری‌های نوین، بعد فناورانه نیز به‌عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از دانش معلم مطرح شد و مدل‌های تلفیقی همچون؛ دانش محتوایی/آموزشی/ فناورانه^۱ (TPACK) شکل گرفتند (قادری و همکاران، ۱۳۹۷). لی شولمن^۲ با معرفی «دانش محتوایی آموزشی آن را به‌عنوان یکی از ارکان اصلی دانش معلم معرفی کرد و پژوهش‌های بعدی نشان دادند که بدون این دانش، اثربخشی تدریس و یادگیری به میزان زیادی کاهش می‌یابد (پاپ^۳، ۲۰۱۷؛ رابینسون^۴، ۲۰۱۷). با این حال، صرف داشتن دانش محتوایی کافی نیست؛ زیرا معلمان باید بدانند که چگونه محتوای علمی در پرتو تحولات فناورانه تغییر می‌کند و چگونه فناوری می‌تواند در شکل‌گیری ادراکات جدید نسبت به موضوعات درسی نقش‌آفرینی نماید. یکی از دروسی که بیش از سایر حوزه‌ها نیازمند تحول و بازاندیشی در دانش معلمان است، علوم تجربی دوره ابتدایی است. آموزش علوم در این دوره نه‌تنها بنیان تفکر علمی را در دانش‌آموزان تقویت می‌کند، بلکه کنجکاوی، پرسشگری و مهارت حل مسئله را نیز پرورش می‌دهد (اوبه^۵، ۲۰۱۸). با توجه به این جایگاه، ضروری است معلمان علوم ابتدایی علاوه بر تسلط بر دانش تخصصی رشته‌های زیست‌شناسی، فیزیک، شیمی و زمین‌شناسی، توانایی بهره‌گیری از فناوری‌های نوین را نیز داشته باشند. در این میان، فناوری هوش مصنوعی^۶ (AI) با ظرفیت‌هایی همچون پردازش داده‌های عظیم، تولید محتوای جدید، شبیه‌سازی پدیده‌های طبیعی و ایجاد یادگیری شخصی‌سازی‌شده، امکانات گسترده‌ای را برای بهبود کیفیت آموزش علوم فراهم کرده است (لانگ^۷ و همکاران، ۲۰۲۰؛ هارمون^۸ و همکاران، ۲۰۲۰؛ آمبله^۹ و همکاران، ۲۰۲۲). هوش مصنوعی در آموزش، فرصت‌های متعددی را ایجاد می‌کند؛ از جمله: استفاده از سیستم‌های آموزشی هوشمند برای تحلیل عملکرد دانش‌آموزان، به‌کارگیری شبیه‌سازی‌های واقعیت مجازی و افزوده برای آموزش مفاهیم پیچیده علوم (هارمون و همکاران، ۲۰۲۰)، توسعه پلتفرم‌های یادگیری شخصی‌سازی‌شده که مسیر یادگیری را متناسب با سبک و نیاز فردی هر دانش‌آموز تنظیم می‌کنند (آمبله و همکاران، ۲۰۲۲)، و بهره‌گیری از روباتیک، چت‌بات‌ها و دستگاه‌های هوشمند برای تعامل بیشتر دانش‌آموزان با محتوای درسی (نگ^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۳). این ابزارها می‌توانند معلمان را در طراحی فعالیت‌های خلاقانه،

1 . Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)

2 . Lee Shulman

3 . Pope

4 . Rabinson

5 . Obe

6 . Artificial intelligence (AI)

7 . Long

8 . Harmon

9 . Ambele

10 . Ng

افزایش تعامل و انگیزش دانش‌آموزان و بهبود نتایج یادگیری یاری کنند (کاپیچی^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۲؛ سیموت^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۴).

با وجود این ظرفیت‌ها، چالش‌های متعددی نیز بر سر راه ادغام هوش مصنوعی در آموزش علوم وجود دارد. فقدان برنامه‌ریزی استراتژیک در نظام تربیت معلم، نبود زیرساخت‌های فناورانه مناسب، ضعف مهارت‌های دیجیتال و فناورانه معلمان، و غلبه روش‌های سنتی تدریس، از مهم‌ترین موانع این فرایند هستند (آل زاید^{۱۳}، ۲۰۲۰؛ عدلی و همکاران، ۲۰۲۴؛ اوکبوکولا^{۱۴}، ۲۰۲۵). همچنین، بسیاری از برنامه‌های تربیت معلم در کشورها هنوز نتوانسته‌اند خود را با سرعت تحولات فناورانه هماهنگ کنند. گزارش سازمان آموزشی، علمی و فرهنگی ملل متحد (یونسکو)^{۱۵} (۲۰۲۴) نیز نشان می‌دهد که معلمان برای مواجهه با تحولات هوش مصنوعی باید در سه سطح «کسب»، «تعمیق» و «خلق» به شایستگی‌های فناورانه مجهز شوند؛ از کسب دانش و مهارت‌های اولیه گرفته تا ادغام هوش مصنوعی در روش‌های آموزشی و نهایتاً طراحی سناریوهای نوآورانه بر مبنای آن.

مطالعات داخلی و خارجی در سال‌های اخیر به اهمیت شایستگی‌های معلمان در زمینه هوش مصنوعی اشاره کرده‌اند. در حالی که کامیابی و سمیعی دوست (۱۴۰۱) در پژوهش خود ضمن اذعان به این نکته که وضعیت دانش فناورانه نوین معلمان در سه بعد نگرشی، دانشی و مهارتی با شرایط مطلوب فاصله دارد، پژوهش (مطلبی‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۲؛ اکرمی و قادری، ۱۴۰۳) به ضرورت تحول در دانش، مهارت و نگرش معلمان در برابر تحولات سریع فناوری، از جمله هوش مصنوعی تأکید می‌کنند. بر همین اساس، پژوهش شعبانی (۱۴۰۳) نشان می‌دهد که با ادغام هوش مصنوعی در آموزش ضمن شخصی سازی محتوا، می‌توان محتوای آموزشی تولید کرد و درک مفاهیم علمی را در یادگیرنده افزایش داد. در پژوهش‌های خارجی نیز با تأکید بر ضرورت درک مفاهیم هوش مصنوعی، تلفیق آن در برنامه درسی، آموزش به ویژه آموزش علوم، بر لزوم آموزش دیجیتال معلمان برای بهره‌برداری مؤثر از هوش مصنوعی تأکید می‌شود (ورما^{۱۶} و همکاران ۲۰۲۳؛ نینگ^{۱۷} و همکاران، ۲۰۲۴؛ چيو^{۱۸} و همکاران، ۲۰۲۴). به‌طور مثال، سلیک^{۱۹} (۲۰۲۲) نشان داد که برای ادغام مؤثر هوش مصنوعی در آموزش، تنها داشتن دانش تکنولوژیکی کافی نیست؛ بلکه این دانش باید با دانش آموزشی ترکیب شود. کیم^{۲۰} (۲۰۲۴) نیز تأکید می‌کند که بیشترین پیشرفت در آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی زمانی حاصل می‌شود که دانش محتوایی آموزشی و مدل‌های تلفیقی همچون AI-TPACK در برنامه‌های تربیت معلم تقویت شوند. در عین حال

11 . Kapici

12 . Simuṭ

13. Al-Zyoud

14 . Okebukola

15. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)

16. Verma

17 . Ning

18. Chiu

19 . Celik

20 . Kim

نتایج پژوهش نشان داد که برنامه آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی در چارچوب TPACK برای ارتقای شایستگی معلمان آینده موجب بهبود چشمگیر مهارت‌های آموزشی، به‌ویژه در مؤلفه‌های دانش تربیتی-محتوایی (PCK)^{۲۱} و (TPACK) شده است. پژوهش‌های مرتبط دیگر بر مولفه‌های از جمله؛ توسعه صلاحیت پایه ای (سیموت و همکاران، ۲۰۲۴)، تولید محتوا (المصری^{۲۲}، ۲۰۲۴)، ارتقای شایستگی‌های معلمان و اصلاح برنامه‌های آموزشی (یو^{۲۳} و همکاران، ۲۰۲۴)، در بستر هوش مصنوعی تاکید می‌کنند.

با وجود گسترش پژوهش‌ها، هنوز خلأ مهمی باقی است. اغلب تحقیقات بر کاربرد ابزارهای هوش مصنوعی در آموزش علوم تمرکز داشته‌اند (المصری، ۲۰۲۴؛ پولاک^{۲۴} و همکاران، ۲۰۲۲) یا به بررسی نگرش و انگیزه معلمان نسبت به این فناوری پرداخته‌اند (سیموت و همکاران، ۲۰۲۴؛ باقر^{۲۵} و همکاران، ۲۰۲۲). اما کمتر پژوهشی به‌طور نظام‌مند ابعاد و مولفه‌های دانش معلمان علوم ابتدایی مبتنی بر تحولات هوش مصنوعی را شناسایی و دسته‌بندی کرده است. به‌ویژه بررسی ارتباط این ابعاد با نظریه‌های یادگیری پشتیبان همچنان مغفول مانده است. بر این اساس، پژوهش حاضر بر آن است تا با بهره‌گیری از روش سنتزپژوهی و تحلیل نظام‌مند مطالعات معتبر داخلی و بین‌المللی شش سال اخیر، در پی پاسخ به این پرسش است که ابعاد و مولفه‌های دانش محتوایی ضروری آموزگاران در درس علوم تجربی مبتنی بر تحولات هوش مصنوعی و نظریه‌های پشتیبان آن‌ها کدامند؟

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر با رویکرد کیفی و از طریق روش سنتزپژوهی به شناسایی ابعاد و مؤلفه‌های دانش محتوایی ضروری معلمان علوم در عصر هوش مصنوعی پرداخته است. به منظور دستیابی به این هدف، تمامی منابع معتبر علمی، شامل مقالات پژوهشی داخلی و خارجی مرتبط با آموزش علوم و هوش مصنوعی در شش سال اخیر مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند. برای جمع‌آوری داده‌ها، از الگوی شش‌مرحله‌ای سنتزپژوهی روبرتس^{۲۶} استفاده شد. **مارش^{۲۷} (۱۳۹۲)** روش سنتزپژوهی روبرتس را جامع‌ترین فرایند برای اجرای سنتزپژوهی و تفسیر و تلفیق اطلاعات به‌دست‌آمده از پژوهش‌ها می‌داند. این فرایند در شکل شماره ۱ قابل مشاهده است و روند انجام آن در این پژوهش به تفصیل شرح داده شده است.

21. Pedagogical Content Knowledge (PCK)

22. Almasri

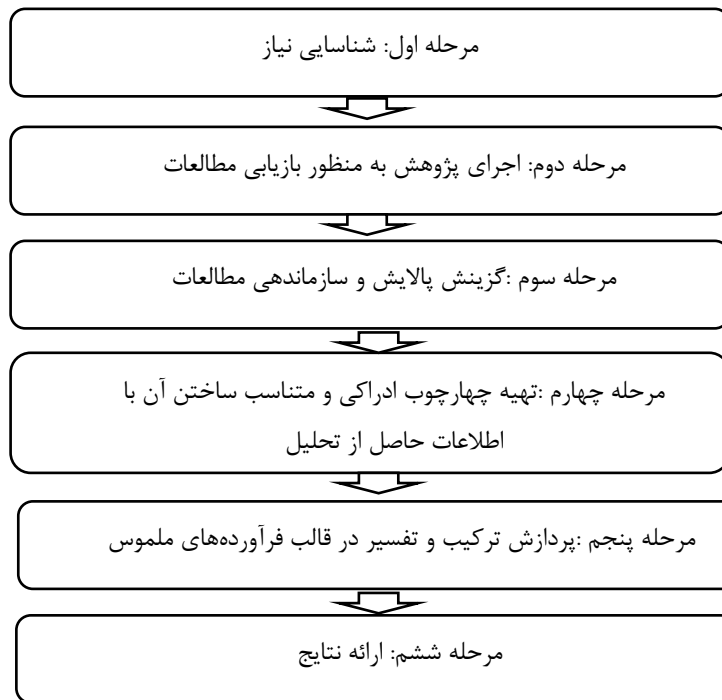
23. Yue

24 . Polak

25. Bagir

26 .Roberts

27 . Marsh



شکل ۱: الگوی شش مرحله‌ی روبرتس (مارش، ۱۳۹۲)

فرآیند جستجوی منابع بر اساس نیاز اصلی پژوهش و به منظور پاسخ به سؤال تحقیق انجام شد. در این راستا، مقالات خارجی و داخلی در بازه زمانی ۶ سال اخیر مورد بررسی قرار گرفت. بین ۱۵۰ مقاله بررسی شده از یافته‌های علمی، ۴۸ پژوهش شامل مقالات و پژوهش‌های چاپ‌شده با استفاده از کلیدواژه‌های «دانش محتوایی معلمان علوم»، «آموزش علوم»، «هوش مصنوعی» و «فناوری آموزشی» در پایگاه‌های معتبر داخلی (پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، نورمگز، مگیران و پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران) و خارجی (اسکوپوس^{۲۸}، ساینس دایرکت^{۲۹}، پروکوئست^{۳۰}، گوگل اسکالر^{۳۱}، اریک^{۳۲} و وایلی^{۳۳}) جست‌وجو شدند، استفاده گردید. از میان منابع بازیابی‌شده، مقالات مرتبط با موضوع پژوهش انتخاب و موارد غیرمرتبط حذف گردید. در شکل شماره ۲ روند انتخاب یافته‌های علمی برای ورود به پژوهش نشان داده شده است. فرآیند جست‌وجو و انتخاب منابع به صورت مستقل توسط پژوهشگر و دو کارشناس متخصص در روش‌های جست‌وجوی علمی انجام شد تا جامعیت و اعتبار انتخاب منابع افزایش یابد. تمامی مقالات منتخب چندین بار و به صورت دقیق مطالعه شدند تا گزاره‌ها، مضامین و مفاهیم مرتبط با دانش محتوایی معلمان و کاربرد هوش مصنوعی در آموزش علوم استخراج شود. تحلیل داده‌ها با رویکرد سه‌مرحله‌ای کدگذاری شامل کدگذاری باز، محوری و گزینشی انجام گرفت. در کدگذاری باز، مفاهیم کلیدی از متون استخراج و به صورت کدهای اولیه طبقه‌بندی شدند. در مرحله کدگذاری

28. Scopus

29. ScienceDirect

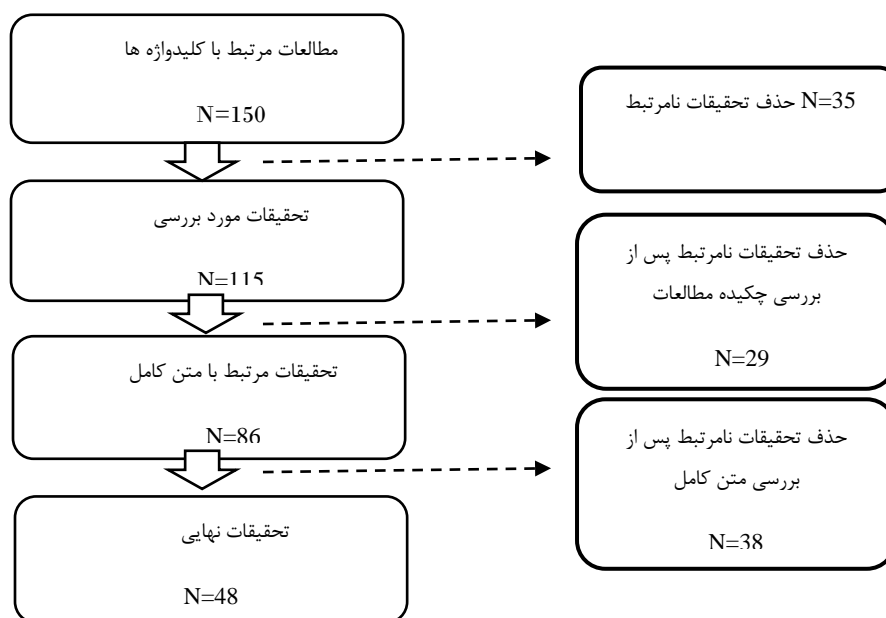
30. ProQuest

31. Google Scholar

32. ERIC

33. Wiley

محوری، کدهای مشابه یا مرتبط با هم ادغام و در قالب مقوله‌های میانی سازمان‌دهی شدند. نهایتاً در کدگذاری گزینشی، مقوله‌های محوری در سطوح بالاتر تلفیق و به ابعاد اصلی و کدهای منتخب پژوهش تبدیل شدند که مبنای طراحی چارچوب مفهومی پژوهش و استخراج ابعاد دانش محتوایی ضروری معلمان علوم شدند. برای اطمینان از روایی یافته‌ها، نتایج تحلیل‌ها در اختیار اساتید راهنما و مشاور پژوهش قرار گرفت و پس از بازبینی علمی، اصلاحات لازم اعمال شد. همچنین برای بررسی روایی بیرونی، یافته‌ها به سه متخصص پژوهش‌های کیفی ارائه و نظرات آنان در تفسیر داده‌ها لحاظ گردید. جهت تعیین پایایی تحلیل داده‌ها، از روش توافق بین دو کدگذار استفاده شده و میزان هم‌خوانی کدگذاری‌ها ارزیابی گردید. در نهایت، داده‌های حاصل از سنتز پژوهی تلفیق شدند تا چارچوبی مفهومی و منسجم برای تبیین ابعاد و مؤلفه‌های دانش محتوایی ضروری معلمان علوم در پرتو تحولات هوش مصنوعی ارائه شود.



شکل شماره ۲: روند انتخاب پژوهش‌ها برای ورود به مطالعه

یافته‌های پژوهش:

به منظور پاسخگویی به پرسش پژوهش مبنی بر شناسایی ابعاد و مولفه‌های دانش محتوایی ضروری آموزگاران در درس علوم تجربی مبتنی بر تحولات هوش مصنوعی و نظریه‌های پشتیبان، پس از گزینش مطالعات با ملاک‌های موردنظر، قبل از ورود به کدگذاری، مشخصات و نتایج حاصل از مطالعات مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه در جدول شماره ۱ ویژگی‌های این تحقیقات براساس عنوان مقاله، نام محقق، سال انتشار نشان داده شده است و جداول کدگذاری در ادامه ارائه گردیده است.

جدول شماره ۱: مشخصات پژوهش‌های مورد بررسی

ردیف	نویسنده/ نویسندگان	عنوان پژوهش	خلاصه پژوهش
۱	(آدامو رشید، ۲۰۲۵)	هوش مصنوعی و توسعه برنامه درسی	تاکید این کتاب بر یادگیری شخصی سازی شده، بازنگری پویا در برنامه درسی با کمک هوش مصنوعی
۲	(ایشموراو ^{۳۴} و همکاران، ۲۰۲۵)	برداشت معلمان علوم پیش از خدمت جهت استفاده از هوش مصنوعی مولد در آموزش علوم	نتایج نشان داد بیشتر معلمان نگرشی مثبت و آگاهانه به کاربرد AI دارند، اما نگرانی‌هایی درباره اعتبار، اخلاق و وابستگی بیش از حد نیز وجود دارد.
۳	(ابوالرب ^{۳۵} ، ۲۰۲۵)	آموزش نوآورانه: چگونه معلمان پیش‌دبستانی از هوش مصنوعی برای آموزش علوم به دانش‌آموزان کلاس چهارم استفاده می‌کنند	نتایج نشان داد استفاده از هوش مصنوعی در آموزش علوم موجب خلاقیت، صرفه‌جویی در زمان و بهبود طراحی آموزشی می‌شود، اما خطر وابستگی و کاهش تعامل انسانی نیز وجود دارد.
۴	(اسماعیل ^{۳۶} و همکاران، ۲۰۲۴)	آماده سازی معلمان آینده در عصر هوش مصنوعی	نتایج این پژوهش بر ضروری بودن توسعه سواد کاربردی AI برای معلمان تأکید دارد؛ همچنین آموزش مداوم و نگرش مثبت نسبت به AI به عنوان عوامل کلیدی موفقیت در به‌کارگیری AI در فرایند تدریس شناخته می‌شوند.
۵	(سیموت و همکاران، ۲۰۲۴)	هوش مصنوعی و مدل‌سازی شایستگی‌های معلمان	نتایج نشان می‌دهد نگرش مثبت معلمان نسبت به AI با توسعه صلاحیت‌ها (بخصوص مهارت‌های مدیریتی، شناختی و پایه‌ای) رابطه مثبت دارد. چالش‌های کلیدی شامل نیاز به توسعه حرفه‌ای معلمان و تضمین دسترسی برابر به فناوری است. سیاست‌گذاری‌ها: کاهش فاصله دیجیتال و گنجاندن آموزش AI در برنامه درسی.
۶	(چیو و همکاران، ۲۰۲۴)	توسعه و اعتبارسنجی مقیاس خودکارآمدی شایستگی هوش مصنوعی معلم	ضروریات دانش محتوایی آموزگاران علوم شامل درک مفاهیم هوش مصنوعی، تلفیق آن با آموزش علوم، ارزیابی فناورانه، توجه به اخلاق و انسان‌محوری در

34 . Ishmuradova

35. Abualrob

36. Isma'il

	یادگیری.		
۷	(المصری، ۲۰۲۴)	بررسی تأثیر هوش مصنوعی در آموزش و یادگیری علوم	نتایج کلی شامل طیف کاربردها (شخصی سازی، تولید محتوا، ارزیابی خودکار)، فرصت‌ها (افزایش دسترسی و مشارکت) و چالش‌ها (مسائل اخلاقی، دقت محتوا و نیاز به مهارت‌های معلم) است.
۸	(پراتشکه ^{۳۷} ، ۲۰۲۴)	هوش مصنوعی مولد و آموزش، آموزش‌های دیجیتال، نوآوری در تدریس و طراحی یادگیری	این کتاب جایگاه هوش مصنوعی مولد را در مسیر تحول آموزش نشان می‌دهد.
۹	(سحرالدین ^{۳۸} و همکاران، ۲۰۲۴)	بررسی دانش محتوای آموزشی-فنی معلمان در استفاده از هوش مصنوعی	نتایج نشان داد که سطح TPACK معلمان بالا بوده و تفاوت معناداری از نظر جنسیت وجود ندارد، اما تفاوت معناداری بر اساس سن در برخی مؤلفه‌ها مشاهده شد. یافته‌ها بر اهمیت آموزش هدفمند هوش مصنوعی برای معلمان مسن‌تر و تقویت شایستگی‌های TPACK برای بهبود اجرای آموزشی تأکید دارند.
۱۰	(کوتسیس ^{۳۹} ، ۲۰۲۴)	ادغام هوش مصنوعی در آموزش علوم در آموزش ابتدایی: کاربردها برای معلمان	این پژوهش به کاربرد هوش مصنوعی در تولید داستان‌های تخیلی برای آموزش فیزیک در دوره ابتدایی می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد که داستان‌های تولیدشده با هوش مصنوعی می‌توانند علاقه، درک و یادسپاری مفاهیم فیزیکی را در دانش‌آموزان افزایش داده و موجب بهبود یادگیری شوند.
۱۱	(مولیک و مولیک ^{۴۰} ، ۲۰۲۳)	استفاده از هوش مصنوعی برای اجرای استراتژی‌های تدریس مؤثر در کلاس‌های درس: پنج استراتژی.	در این پژوهش پنج راهبرد کلیدی شامل ارائه مثال‌های متعدد، شناسایی و اصلاح تصورات نادرست، آزمون‌های کم‌فشار مکرر، ارزیابی یادگیری و تمرین توزیع‌شده بررسی شده‌اند. هوش مصنوعی با تولید محتوای آموزشی مناسب، اجرای این راهبردها را آسان‌تر کرده و

37 . Pratschke
38. Saharuddin
39 . Kotsis
40. Mollick & Mollick

			کیفیت یادگیری را ارتقا می دهد.
۱۲	(عدلی و همکاران، ۲۰۲۴)	بررسی جامع یادگیری مبتنی بر فناوری با استفاده از هوش مصنوعی برای دروس علوم و پیامدهای آن در آموزش و یادگیری	نتایج نشان می دهد که فناوری هایی مانند چت بات ها موجب افزایش انگیزه، درک مفاهیم پیچیده، یادگیری شخصی سازی شده و بهبود ارزیابی می شوند. چالش ها شامل کاهش تعامل انسانی، وابستگی زیاد به فناوری، کمبود آموزش معلمان، مسائل اخلاقی و نابرابری دسترسی است. هوش مصنوعی ظرفیت بالایی برای ارتقای یادگیری علوم دارد.
۱۳	(نینگ و همکاران، ۲۰۲۴)	هوش مصنوعی-تکنولوژی- بسته اطلاعاتی معلمان: بررسی رابطه بین عناصر دانش	نتایج نشان می دهد عناصر فناورانه تأثیر بیشتری نسبت به عناصر غیرفناورانه دارند. این مدل می تواند راهنمایی جامع برای ارزیابی و توسعه پایدار شایستگی های معلمان در عصر هوش مصنوعی باشد.
۱۴	(کیم، ۲۰۲۴)	توسعه یک برنامه آموزشی TPACK برای افزایش تخصص تدریس معلمان بدو خدمت در آموزش همگرای هوش مصنوعی	نتایج نشان داد که برنامه آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی در چارچوب TPACK برای ارتقای شایستگی معلمان آینده موجب بهبود چشمگیر مهارت های آموزشی، به ویژه در مؤلفه های دانش تربیتی-محتوایی (PCK) و TPACK شده و نقش مهمی در آماده سازی معلمان برای محیط های آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی دارد.
۱۵	(یو همکاران، ۲۰۲۴)	درک آمادگی دانش محتوای آموزشی تکنولوژیکی معلمان -۱۲K و نگرش نسبت به آموزش هوش مصنوعی	نتایج بر ضرورت طراحی برنامه های توسعه حرفه ای هدفمند برای ارتقای شایستگی های معلمان در آموزش هوش مصنوعی تأکید دارد.
۱۶	(بلوندر ^{۴۱} و همکاران، ۲۰۲۴)	هوش مصنوعی مولد به عنوان ابزاری برای کشف دانش محتوایی-آموزشی معلمان علوم پیش از خدمت و بهبود برنامه	مقاله ای مفهومی که پیشنهاد می دهد ابزارهای تولیدی هوش مصنوعی مولد ^{۴۲} (GAI) می توانند برای آشکارسازی و ارزیابی شناخت آموزش محتوایی-پداگوژیک (PCK) معلمان بدو خدمت علوم به کار

41 . Blonder

42 . Generative Artificial Intelligence (GAI)

		آمادگی آنها	روند؛ نویسنده چارچوب کاربردی و سناریوهای پیشنهادی برای استفاده از (GAI) در بازسازی تجربه تدریس ارائه می‌دهد.
۱۷	(سلیک، ۲۰۲۲)	مطالعه تجربی بر روی دانش حرفه ای معلمان برای ادغام اخلاقی ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی در آموزش	تعاملات برنامه‌ریزی درسی با (GAI) موجب آشکارسازی درک معلمان از محتوا و روش تدریس شده و امکان یادگیری شخصی‌سازی شده و اصلاح برنامه‌های آموزشی را فراهم می‌سازد. مقاله بر ضرورت توانمندسازی معلمان آینده برای بهره‌گیری مؤثر از (GAI) در آموزش تأکید دارد.
۱۸	(ان جی آ ^{۴۳} ، ۲۰۲۳)	پذیرش هوش مصنوعی در آموزش علوم: دیدگاه معلمان علوم	نتایج نشان می‌دهد متغیرهایی مثل ادراک سهولت استفاده، انتظارات سودمندی، نگرانی‌های استرس/اضطراب و ویژگی‌های جمعیت‌شناختی روی نیت رفتاری معلمان نسبت به AI اثرگذارند.
۱۹	(پارک ^{۴۴} و همکاران، ۲۰۲۳)	ادغام هوش مصنوعی در درس های علوم: تجربیات و دیدگاه های معلمان	معلمان تمایل دارند AI را در دل درس‌های حوزه خود وارد کنند (نه به‌عنوان محتوای مجزا)، اما برای این کار به پشتیبانی محتوایی، برنامه‌ریزی و توسعه حرفه‌ای نیاز دارند.
۲۰	(شاه ^{۴۵} ، ۲۰۲۳)	هوش مصنوعی و آینده آموزش	این کتاب به بررسی نقش هوش مصنوعی، به‌ویژه هوش مصنوعی مولد، در تحول آموزش می‌پردازد و راهکارهایی برای استفاده مسئولانه و مؤثر از آن در یادگیری، تدریس، ارزشیابی و طراحی برنامه درسی ارائه می‌دهد.
۲۱	(لین ^{۴۶} و همکاران، ۲۰۲۳)	هوش مصنوعی در سیستم‌های آموزشی هوشمند به سوی آموزش پایدار: یک بررسی سیستماتیک	این مقاله به نقش هوش مصنوعی در آموزش پایدار می‌پردازد؛ AI با شخصی‌سازی یادگیری و تحلیل داده‌ها می‌تواند کیفیت آموزش را ارتقا دهد، اما چالش‌هایی مانند امنیت داده و زیرساخت نیز دارد.

43. Nja

44 . Park

45 . Shah

46 . Lin

۲۲	(دای ^{۴۷} ، ۲۰۲۳)	مذاکره در مورد درک معرفت شناختی و شیوه های تدریس بین معلمان ابتدایی و دانشمندان در مورد هوش مصنوعی در توسعه حرفه ای.	این مطالعه به بررسی تعاملات حرفه‌ای میان معلمان ابتدایی و دانشمندان در برنامه‌های توسعه حرفه‌ای می‌پردازد و نشان می‌دهد که گفتگو با دانشمندان می‌تواند درک معرفت‌شناختی معلمان از دانش و روش‌های مرتبط با AI را تقویت کند و به تغییر روش‌های تدریس منجر گردد.
۲۳	(کوپر ^{۴۸} ، ۲۰۲۳)	بررسی آموزش علوم در مطالعه اکتشافی هوش مصنوعی مولد	نتایج نشان می‌دهد که معلمان در مواجهه با دانشمندان از سه الگوی تعاملی پیروی می‌کنند: مذاکره متقابل درباره ارائه دانش، مشاهده و تفسیر شیوه‌های علمی، و ناهماهنگی در ترجمه دانش. مسئولیت حرفه‌ای و دانش پیشین معلمان نقش مهمی در پذیرش یا رد دیدگاه‌های علمی ایفا می‌کند.
۲۴	(کوپرولو ^{۴۹} و همکاران، ۲۰۲۳)	تأثیرات نوآورانه هوش مصنوعی بر تربیت معلم	نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ChatGPT می‌تواند با تولید محتوای آموزشی، طراحی واحدهای درسی، آزمون‌ها و روبریک‌ها به معلمان علوم کمک کند.
۲۵	(کیم و کاون ^{۵۰} ، ۲۰۲۳)	بررسی شایستگی‌های هوش مصنوعی معلمان مدارس ابتدایی در کره جنوبی	پژوهشی که شایستگی‌ها و تجربیات معلمان ابتدایی مدارس پیشرو در کره جنوبی را در اجرای برنامه‌های درسی AI بررسی می‌کند؛ روش ترکیبی (پرسشنامه + مصاحبه) و یافته‌ها نشان می‌دهد که معلمان برای اجرای موفق نیاز به آموزش‌های هدفمند، منابع و پشتیبانی سازمانی دارند.
۲۶	(درایسه ^{۵۱} ، ۲۰۲۳)	معلمان حرفه ای ابتدایی در عصر دیجیتال: ادبیات سیستماتیک	این پژوهش نشان داد معلمان علوم نگرش مثبتی نسبت به استفاده از هوش مصنوعی در آموزش دارند. عواملی مانند خودکارآمدی، سهولت استفاده، مزایای مورد انتظار و نگرش مثبت تأثیر زیادی بر قصد رفتاری آن‌ها در

47. Dai

48. Cooper

49. Köprülü

50. Kwon

51. Darayseh

			استفاده از AI دارند.
۲۷	(لی ^{۵۲} و همکاران، ۲۰۲۳)	آیا می‌توانیم و باید از هوش مصنوعی برای ارزیابی تکوینی در علوم استفاده کنیم؟	نتایج این مقاله نشان می‌دهد که استفاده از هوش مصنوعی برای ارزیابی تکوینی در آموزش علوم با محدودیت‌هایی همراه است، به‌ویژه برای دانش‌آموزان با پیش‌زمینه‌های فرهنگی و زبانی غیربرتر. نویسندگان تأکید می‌کنند که AI هنوز قادر به سنجش دقیق درک نوظهور دانش‌آموزان نیست و باید با دقت و مسئولیت‌پذیری بیشتری در آموزش به‌کار گرفته شود.
۲۸	(موندال ^{۵۳} و همکاران، ۲۰۲۳)	ChatGPT برای معلمان: مثال‌های عملی برای استفاده از هوش مصنوعی برای اهداف آموزشی	نتایج این مقاله نشان می‌دهد که ChatGPT می‌تواند به معلمان در کاهش بار کاری و تولید محتوای آموزشی کمک کند. با این حال، استفاده از آن نیازمند دقت است، زیرا ممکن است محتوای تولیدشده دارای خطا یا نادرستی علمی باشد.
۲۹	(نگ و همکاران، ۲۰۲۳)	شایستگی‌های دیجیتالی هوش مصنوعی معلمان و مهارت‌های قرن بیست و یکم در جهان	نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که با رشد آموزش آنلاین در دوران پاندمی، استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی در آموزش افزایش یافته، اما بسیاری از معلمان هنوز دانش فنی کافی برای بهره‌برداری مؤثر از این ابزارها ندارند.
۳۰	(ورما و همکاران، ۲۰۲۳)	پیمایش فرصت‌ها و چالش‌های هوش مصنوعی: ChatGPT و مدل‌های مولد در آموزش معلمان علوم	این مقاله به بررسی فرصت‌ها و چالش‌های استفاده از ChatGPT در آموزش معلمان علوم می‌پردازد و بر لزوم آموزش دیجیتال معلمان برای بهره‌برداری مؤثر از هوش مصنوعی تأکید دارد.
۳۱	(نازارتسکی ^{۵۴} و همکاران، ۲۰۲۲)	اعتماد معلمان به فناوری آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی و یک برنامه توسعه حرفه‌ای برای بهبود آن.	نتیجه این پژوهش نشان می‌دهد که افزایش آگاهی معلمان درباره نحوه عملکرد و نقش مکمل هوش مصنوعی در آموزش، باعث کاهش نگرانی‌ها و افزایش اعتماد آن‌ها به فناوری‌های آموزشی مبتنی بر AI

52. Li

53 . Mondal

54 . Nazaretsky

			می‌شود.
۳۲	(پولاک و همکاران، ۲۰۲۲)	دیدگاه معلمان در مورد آموزش هوش مصنوعی: یک بررسی اولیه.	نتیجه نشان می‌دهد که معلمان دوره متوسطه نگرش مثبتی نسبت به آموزش هوش مصنوعی دارند، اما مهارت‌های مرتبط با AI در آن‌ها پایین است. برای حمایت از آموزش AI، طراحی پلتفرم‌های آموزشی آنلاین با ویژگی‌هایی مانند سادگی، تعامل‌پذیری و دسترسی‌پذیری توصیه شده است
۳۳	(باقر و همکاران، ۲۰۲۲)	دیدگاه معلمان علوم در مورد استفاده از هوش مصنوعی در آموزش	نتیجه پژوهش نشان می‌دهد که دیدگاه معلمان علوم درباره استفاده از هوش مصنوعی در آموزش در پنج محور اصلی دسته‌بندی می‌شود: تأثیر بر دانش‌آموزان، تأثیر بر معلمان، تأثیر بر فرایند آموزش، نگرانی‌ها، و پیشنهادها. هر محور شامل دیدگاه‌های مثبت و منفی است. نگرانی‌ها شامل دغدغه‌های حرفه‌ای و اخلاقی بوده و پیشنهادها در دو دسته ساختاری و اجرایی ارائه شده‌اند. این نتایج نشان‌دهنده تنوع دیدگاه‌ها و نیاز به آموزش و سیاست‌گذاری دقیق در زمینه به‌کارگیری AI در آموزش هستند.
۳۴	(پیو ^{۵۵} و همکاران، ۲۰۲۱)	بهبود دانش عملی و انگیزه معلمان قبل از خدمت در مورد هوش مصنوعی از طریق یک ماژول مبتنی بر یادگیری خدماتی	نتیجه این پژوهش نشان می‌دهد که ماژول آموزشی مبتنی بر خدمت‌رسانی (SLBM-TAIS) ^{۵۶} به‌طور مؤثری دانش عملی و انگیزه معلمان پیش‌خدمت را افزایش داده و نگرش مثبت‌تری نسبت به هوش مصنوعی در دانش‌آموزان ابتدایی ایجاد کرده است. این روش آموزشی نوآورانه دارای پیامدهای نظری و کاربردی مهمی در روان‌شناسی تربیتی است.
۳۵	(بوگدانووا ^{۵۷} و همکاران، ۲۰۲۱)	افزایش آگاهی معلمان از دانش در حوزه هوش مصنوعی	این مقاله به بررسی ضعف آگاهی دانشی معلمان آینده در زمینه هوش مصنوعی پرداخته و با ارائه یک روش آموزشی مبتنی بر تعامل، استفاده از تخته مجازی و

55 . Pu

56. Service-Learning Based Module- Teaching and Assessment in Schools (SLBM-TAIS)

57 .Bogdanova

<p>نظرسنجی‌های تعاملی، اثربخشی آن را در ارتقای یادگیری غیررسمی و مشارکتی تأیید کرده است. روش پیشنهادی موجب تقویت خودآرزیابی و مشارکت فعال دانشجویان در فرایند آموزش نظری می‌شود.</p>			
<p>نتایج نشان می‌دهد که برخی معلمان توانستند یادگیری علوم تلفیقی را به صورت نوآورانه طراحی کنند و در برابر پیشنهاد‌های AI واکنش‌های متنوعی از جمله پذیرش، اصلاح یا نادیده‌گیری داشتند. این پژوهش ارزیابی میدانی از برنامه آموزش علوم تلفیقی با کمک AI ارائه می‌دهد.</p>	<p>واکنش‌ها به هوش مصنوعی در برنامه آموزش علوم تلفیقی معلمان</p>	<p>(گونوان^{۵۸} و همکاران، ۲۰۲۱)</p>	<p>۳۶</p>
	<p>اپلیکیشن چت بات در درس علوم پایه پنجم</p>	<p>(توپال^{۵۹} و همکاران، ۲۰۲۱)</p>	<p>۳۷</p>
		<p>این مطالعه با طراحی یک چت‌بات آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی برای درس علوم پایه پنجم، نشان داد که اگرچه تفاوت معناداری در پیشرفت تحصیلی مشاهده نشد، اما تجربه یادگیری آنلاین دانش‌آموزان به‌طور مثبت تحت تأثیر قرار گرفت. دانش‌آموزان چت‌بات را مفید، سرگرم‌کننده و قابل استفاده برای مرور و یادگیری خارج از کلاس توصیف کردند.</p>	
<p>نتایج نشان می‌دهد که پرسش‌های پژوهشی در سه لایه</p>	<p>شیوه‌ها و نظریه‌ها: چگونه</p>	<p>(ژای^{۶۰}، ۲۰۲۱)</p>	<p>۳۸</p>

58. Gunawan

59 . Topal

		یادگیری ماشین می تواند به شیوه های ارزیابی نوآورانه در آموزش علوم کمک کند	توسعه، کاربرد و ادغام دسته بندی می شوند. همچنین، روندهایی مانند اینترنت اشیا، هوش ازدحامی، یادگیری عمیق و علوم اعصاب شناسایی شده اند. این یافته ها پایه نظری کاربرد AI در آموزش را تقویت می کنند.
۳۹	(فالون ^{۶۱} ، ۲۰۲۰)	از سواد دیجیتال تا شایستگی دیجیتال: چارچوب شایستگی دیجیتال (TDC) ^{۶۲}	مقاله چارچوبی مفهومی برای شایستگی دیجیتال معلمان ارائه می دهد که فراتر از مهارت های فنی بوده و شامل ابعاد اخلاقی، اجتماعی، و بین رشته ای است. نویسنده بر ضرورت رویکردی جامع در تربیت معلم تأکید دارد که توانایی استفاده ایمن، اخلاقی و مؤثر از فناوری های دیجیتال را در کلاس درس توسعه دهد
۴۰	(آل زاید، ۲۰۲۰)	نقش هوش مصنوعی در توسعه حرفه ای معلمان.	مطالعه ای نظری که کاربردهای هوش مصنوعی در ارتقای صلاحیت حرفه ای معلمان را بررسی کرده است. پیشنهادهایی شامل طراحی نرم افزارهای آموزشی مبتنی بر AI، ایجاد مسیرهای آموزشی هوشمند و اتصال پایگاه های داده جهانی برای حمایت از مسیر شغلی معلمان.
۴۱	(مورفی ^{۶۳} ، ۲۰۱۹)	کاربردهای هوش مصنوعی برای پشتیبانی از معلمان و آموزش K-۱۲: مروری بر کاربردهای نویدبخش، فرصت ها و چالش ها	این مقاله سه کاربرد نویدبخش هوش مصنوعی در آموزش را معرفی می کند: سامانه های آموزش هوشمند، نمره دهی خودکار به انشاء و سامانه های هشدار زود هنگام. هدف اصلی، تقویت توانمندی معلمان نه جایگزینی آنها است.
۴۲	(کارسنتی ^{۶۴} ، ۲۰۱۹)	هوش مصنوعی در آموزش و پرورش: نیاز مبرم به آماده سازی معلمان برای مدارس فردا	مقاله بر ضرورت آماده سازی معلمان برای مواجهه با فناوری های هوش مصنوعی در آموزش تأکید دارد. نویسنده هشدار می دهد که بدون آموزش مناسب، معلمان نمی توانند نقش مؤثری در مدارس آینده ایفا کنند و ممکن است AI جایگزین برخی از وظایف

60. Zhai

61 . Falloon

62. Teacher Digital Competency (TDC)

63 . Murphy

64. Karsenti

آموزشی شود. مقاله خواستار توسعه برنامه‌های تربیت معلم با محوریت AI است.			
این پژوهش با روش پدیدارشناسی، دیدگاه‌های معلمان علوم درباره کاربرد هوش مصنوعی در آموزش را بررسی کرده و آن‌ها را در پنج محور اصلی دسته‌بندی کرده است: تأثیر بر دانش‌آموزان، معلمان، فرایند آموزش، نگرانی‌ها، و پیشنهادها. نتایج نشان می‌دهد که معلمان هم دیدگاه‌های مثبت و هم نگرانی‌هایی نسبت به AI دارند و برای پذیرش مؤثر آن، آموزش و سیاست‌گذاری مناسب ضروری است.	دیدگاه معلمان در مورد هوش مصنوعی	(لیندر و رومیکه ^{۶۵} ، ۲۰۱۹)	۴۳
مطالعه‌ای طولی که نشان می‌دهد چگونه دانش محتوایی معلمان تازه‌کار علوم ابتدایی در چارچوب برنامه تربیت معلم مبتنی بر عمل و تجربه مدرسه به تدریج رشد می‌کند. نتایج حاکی از اهمیت تعامل مستمر با محیط آموزشی واقعی در تقویت دانش تخصصی تدریس علوم است.	دانش محتوایی برای آموزش علوم	(بیسک ^{۶۶} ، ۲۰۱۹)	۴۴
	بازاندیشی برنامه درسی در عصر هوش مصنوعی، از ابزار آموزشی تا بستر تمدنی: رهیافتی نو در جنبش چندبسترسازی	(فتحی و همکاران، ۱۴۰۳)	۴۵
		این پژوهش با مرور نظام‌مند ۲۱ مقاله، جایگاه برنامه درسی در تمدن هوش مصنوعی را بررسی کرده و نشان داده است که برنامه درسی هم می‌تواند از AI به‌عنوان ابزار بهره‌بردار و هم خود بخشی از تمدن AI	

65. Lindner & Romeike

66 . Bismack

		باشد. مفاهیمی چون یادگیری مبتنی بر واقعیت افزوده، متاورس، شبیه‌سازی محیط‌های آموزشی، و تغییر نقش سیستم‌های آموزشی به پلتفرم‌های تجربه‌محور از جمله محورهای کلیدی این تحول هستند.	
۴۶	(اکرمی و قادری، ۱۴۰۳)	تحول در دانش حرفه‌ای معلمان با ظهور هوش مصنوعی	مطالعه‌ای کیفی که نشان می‌دهد معلمان برای بهره‌گیری مؤثر از ابزارهای AI باید دانش، مهارت و نگرش خود را تغییر دهند. چارچوب TPACK به‌روزرسانی شده و با افزودن مؤلفه‌های اخلاقی، مدل TPACK معرفی شده است. هشت مؤلفه کلیدی برای تربیت معلم در عصر AI شناسایی شده‌اند، از جمله دانش فناوری AI، مهارت‌های عملیاتی، دانش محتوایی و اخلاقی، و توسعه حرفه‌ای مستمر.
۴۷	(شعبانی، ۱۴۰۳)	اثرات هوش مصنوعی در فرآیند یادگیری دانش‌آموزان در دروس علوم تجربی	یافته‌ها نشان می‌دهد که AI می‌تواند با شخصی‌سازی محتوا، تشخیص خطاها، ارائه بازخورد فوری و تولید محتوای آموزشی، تمرکز و درک مفاهیم علمی را افزایش دهد. همچنین، چالش‌هایی مانند حفظ حریم خصوصی و استفاده اخلاقی از AI نیز مطرح شده‌اند.
۴۸	(مطلبی نژاد و همکاران، ۱۴۰۲)	بررسی نظام‌مند نویدها و چالش‌های هوش مصنوعی برای معلمان	نتایج نشان می‌دهد که AI فرصت‌هایی برای بهبود برنامه‌ریزی، اجرا و ارزیابی تدریس فراهم می‌کند، اما چالش‌هایی نیز در مسیر به‌کارگیری آن وجود دارد که باید در طراحی آینده مورد توجه قرار گیرد

در ادامه ابعاد و مؤلفه‌های دانش محتوایی ضروری معلمان علوم در عصر هوش مصنوعی از ترکیب لایه‌های سه‌گانه کدگذاری به‌دست آمدند. نتایج این فرایند در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول شماره ۲: کد گذاری مقالات منتخب

ردیف	شماره مقالات	کدهای باز	کدهای محوری	نظریه های پشتیبان	کدهای منتخب	ابعاد اصلی
۱	۲۹-۵-۴-۲-۱-۴۵-۳۳-۳۱	تطبیق اهداف درسی با نیازهای یادگیرندگان در عصر دیجیتال آگاهی از جایگاه AI در برنامه درسی علوم	آشنایی با اهداف برنامه درسی علوم با رویکرد AI	شناختی	دانش محتوایی مبتنی بر AI موضوع درسی	دانش محتوایی (CK) ۶۷
۲	۱۰-۲۴-۲۵	انتخاب ابزار AI متناسب با درس فیزیک یا شیمی تحلیل محتوای علوم و طراحی فعالیت با پشتیبانی AI استفاده از پلتفرم‌های هوش مصنوعی برای آموزش مباحث پیچیده	توانایی تحلیل محتوای درسی و انتخاب ابزار AI متناسب با موضوع	ارتباط گرایی		
۳	۱-۳-۴۵	طراحی برنامه درسی با فعالیت‌های میان‌رشته‌ای علوم، فناوری، مهندسی، هنر و ریاضیات ^{۶۸} همراه با هوش مصنوعی (STEAM + AI) استفاده از AI برای بازطراحی ساختار تدریس علوم هماهنگ‌سازی اهداف آموزشی با ابزارهای فناورانه	ادغام AI در ساختار و اهداف درسی (زیست‌شناسی، فیزیک، شیمی، زمین‌شناسی)	سازنده گرایی		
۴	۹-۱۰-۲۶	شبیه‌سازی آزمایش‌ها با نرم‌افزارهای AI استفاده از واقعیت مجازی برای تدریس مفاهیم علمی ترکیب آزمایش حضوری و آزمایش مجازی	استفاده از روش آزمایشگاهی همراه با ابزارهای AI	سازنده گرایی	دانش روشهای تدریس مبتنی بر AI	
۵	۱۱-۲۸	طراحی پروژه‌های علمی با داده‌های تولیدشده توسط AI استفاده از ابزارهای یادگیری ماشینی برای تحلیل نتایج آزمایش‌ها هدایت یادگیرندگان برای کشف مفاهیم از طریق	یادگیری پروژه محور و اکتشافی با پشتیبانی AI	سازنده گرایی		

67. Content Knowledge (CK)

68. Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics + Artificial Intelligence (STEAM)

				شبیه‌سازی‌های AI		
	اجتماعی فرهنگی	تقویت یادگیری مشارکتی و همکاری علمی بین معلمان و دانش‌آموزان با AI		استفاده از پلتفرم‌های تعاملی مبتنی بر AI فعالیت گروهی با ربات‌های آموزشی ایجاد محیط یادگیری اجتماعی دیجیتال	۶-۲۰-۲۷	۶
دانش طراحی آموزشی با ادغام محتوا، پداگوژی و فناوری	شناختی ، ارتباط‌گرایی	طراحی درس با ادغام سه بُعد محتوا، آموزش، فناوری (TPACK)		طراحی درس علوم با ترکیب محتوا روش تدریس AI استفاده از مدل TPACK در آموزش علوم تغییر الگوی آموزشی به TPAIK	۱۴-۴۶	۷
	سازنده‌گرایی	طراحی فعالیت‌ها و سناریوهای یادگیری واقعی با AI		شبیه‌سازی سناریوهای واقعی (زلزله، واکنش شیمیایی) با AI طراحی بازی آموزشی برای یادگیری علوم با AI تلفیق چالش‌های واقعی محیطی در تدریس علوم با کمک AI	۱۰-۲۶-۳۶	۸
	سازنده‌گرایی	تغییر نقش معلم از انتقال‌دهنده محتوا به تسهیل‌گر یادگیری با AI		استفاده از AI به‌عنوان کمک‌معلم راهنمایی دانش‌آموز برای استفاده از AI در حل مسائل معلم به‌عنوان تسهیل‌کننده یادگیری خودراهبر	۳-۱۷-۲۳	۹
دانش ارزیابی و بازخورد مبتنی بر AI	رفتاری	ایجاد آزمون‌ها و تکالیف هوشمند با AI		طراحی آزمون آنلاین با AI ایجاد تکالیف شخصی‌سازی‌شده بر اساس سطح دانش‌آموز استفاده از AI برای طرح سؤالات باز و بسته	۱۱-۱۲-۲۸	۱۰

		شناختی	تحلیل عملکرد دانش‌آموزان و شناسایی نقاط ضعف و قوت	تحلیل داده‌های عملکردی دانش‌آموز با الگوریتم ML شناسایی نقاط ضعف دانش‌آموز توسط AI پیش‌بینی پیشرفت تحصیلی با AI	۱۱-۱۶	۱۱	
		رفتاری	ارائه بازخورد شخصی‌سازی شده و فوری به دانش‌آموزان	بازخورد فوری در فعالیتهای آنلاین ارائه پیشنهادات یادگیری فردی با AI استفاده از چت‌بات‌های آموزشی برای پاسخ‌گویی به دانش‌آموزان	۱۲-۲۸	۱۲	
	دانش تلفیق میان رشته ای با AI	سازنده گرای، ارتباط گرای	طراحی پروژه‌های STEAM با AI	پروژه ترکیبی علوم و ریاضی با استفاده از AI طراحی فعالیتهای هنری-علمی با ابزارهای هوش مصنوعی تحلیل داده‌های محیطی در پروژه‌های علوم اجتماعی-علمی	۸-۱۳-۱۴	۱۳	
		سازنده گرای	پیوند دادن موضوعات علوم با مسائل واقعی زندگی	استفاده از AI برای بررسی چالش‌های زیست‌محیطی شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی در کلاس علوم ارتباط یادگیری علوم با زندگی روزمره دانش‌آموزان	۱۴-۲۱-۳۹	۱۴	
	دانش محتوایی آموزشی PCK	تطبیق محتوای علمی با نیازها و سبک‌های یادگیری فردی با کمک AI	ارتباط گرای	شخصی‌سازی یادگیری علوم با AI	سازگاری محتوای درسی با سطح دانش هر دانش‌آموز ارائه فعالیتهای یادگیری متناسب با سبک یادگیری فردی تنظیم محتوای علوم بر اساس سرعت یادگیری دانش‌آموزان	۱-۱۲-۱۵	۱۵
			شناختی	تحلیل داده‌های شناختی و رفتاری یادگیرندگان با AI	جمع‌آوری داده‌های عملکردی دانش‌آموزان تحلیل الگوهای خطا و مشکلات یادگیری استفاده از داده‌های رفتاری برای اصلاح محتوای آموزشی	۱۶-۱۸	۱۶

	تولید و بازآفرینی محتوای علمی با ابزارهای AI	سازنده گرایی	تولید محتوای چندرسانه‌ای (متن، تصویر، ویدئو) برای آموزش علوم	تولید تصاویر آموزشی با AI برای توضیح پدیده‌های علمی طراحی ویدئوهای آموزشی تعاملی با ابزارهای AI ساختاردهی محتوای متنی با کمک مدل‌های زبانی هوش مصنوعی	۲۸-۳۰-۴۰	۱۷
		شناختی	بازآفرینی و ساده‌سازی مفاهیم پیچیده علمی با ابزارهای AI	خلاصه‌سازی مقالات علمی برای تدریس ترجمه خودکار متون علمی برای کلاس تولید مثال‌ها و تمرین‌های ساده‌تر برای مفاهیم پیچیده	۲۸-۳۸	۱۸
	ایجاد محیط‌های یادگیری تعاملی و همه‌جانبه با فناوری‌های AI (VR/AR)	سازنده گرایی	طراحی محیط‌های آموزشی مبتنی بر واقعیت مجازی و واقعیت افزوده (VR/AR) ^{۶۹}	شبیه‌سازی سه‌بعدی ساختار مولکول‌ها بازنمایی سیستم خورشیدی با واقعیت افزوده ایجاد آزمایشگاه مجازی علوم	۱۹-۲۱-۴۲	۱۹
		اجتماعی فرهنگی	تقویت تعامل فراگیران با محتوای علمی در فضای دیجیتال	فعالیت‌های گروهی در محیط‌های شبیه‌سازی شده تعامل با محتوای علمی از طریق بازی‌های آموزشی AI استفاده از پلتفرم‌های آنلاین برای همکاری یادگیرندگان	۲۰-۳۷	۲۰
	به‌کارگیری در AI شبیه‌سازی و مدل‌سازی پدیده‌های علمی	سازنده گرایی	شبیه‌سازی پدیده‌های طبیعی (زلزله، واکنش شیمیایی)	شبیه‌سازی زلزله برای آموزش زمین‌شناسی بازآفرینی واکنش‌های شیمیایی پیچیده با AI مدل‌سازی چرخه آب در طبیعت	۲۱-۲۲	۲۱
	ارتباط گرایی	مدل‌سازی فرایندهای علمی	پیش‌بینی تغییرات اقلیمی با داده‌های بزرگ و AI مدل‌سازی ساختار DNA با الگوریتم‌های یادگیری	۲۲-۳۸-۴۴	۲۲	

⁶⁹. Virtual Reality/ Augmented Reality

			پیچیده با الگوریتم‌های AI	ماشینی تحلیل رفتار ذرات در فیزیک با مدل‌های شبیه‌سازی AI		
دانش فناوری آموزشی هوش مصنوعی (AI-TPK) ۷۰	شناخت تأثیر AI بر فرایند یاددهی-یادگیری	سازنده‌گرایی	درک تغییر نقش معلم در کلاس‌های AI محور	تغییر نقش معلم از انتقال‌دهنده محتوا به تسهیل‌گر یادگیری استفاده از AI به‌عنوان دستیار آموزشی هدایت یادگیرندگان در مسیر استفاده مؤثر از ابزارهای AI	۳-۱۷-۲۳	۲۳
		ارتباط‌گرایی	شناخت فرصت‌ها و محدودیت‌های آموزشی AI	شناسایی مزایای شخصی‌سازی یادگیری با AI آگاهی از محدودیت‌های اخلاقی و فنی AI شناخت خطرات وابستگی بیش از حد به AI	۲-۷-۱۸-۴۸	۲۴
	طراحی و انتخاب استراتژی‌های آموزشی مبتنی بر AI	شناختی	انتخاب ابزارهای AI متناسب با اهداف آموزشی	انتخاب ابزار AI متناسب با درس زیست‌شناسی یا فیزیک هماهنگی ابزار AI با سطح دانش و سن دانش‌آموزان انتخاب ابزار AI با توجه به اهداف شناختی درس	۱۰-۲۵	۲۵
		سازنده‌گرایی	طراحی فعالیت‌های یادگیری فعال	طراحی شبیه‌سازی آزمایش‌های علمی با AI ایجاد بازی‌های آموزشی دیجیتال با AI طراحی سناریوهای یادگیری واقعی با ابزارهای هوش مصنوعی	۱۰-۲۶	۲۶
	مدیریت و پشتیبانی آموزشی با AI	رفتاری	استفاده از AI برای بازخورد فوری به دانش‌آموزان	استفاده از پلتفرم‌های گروهی مبتنی بر AI انجام پروژه‌های گروهی آنلاین با کمک AI همکاری دانش‌آموزان در حل مسئله علمی با AI	۶-۲۰-۲۷	۲۷
		ارتباط‌گرایی	پشتیبانی از معلمان در فرآیند تدریس با AI (راهنمایی و	ایجاد آزمون‌های آنلاین خودکار ارائه بازخورد سریع به تکالیف شناسایی پاسخ‌های درست و غلط به‌صورت خودکار	۱۱-۲۸-۴۸	۲۸

			منابع			
--	--	--	-------	--	--	--

در ادامه هر یک از ابعاد استخراج شده و نظریه های پشتیبان شرح داده شده است .

بعد اول: دانش محتوایی (CK)

دانش محتوایی به درک عمیق معلمان از مفاهیم، اصول و ساختارهای علوم تجربی اشاره دارد. این دانش شامل تسلط بر موضوعات پایه‌ای مانند فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی است و معلم را قادر می‌سازد تا محتوای صحیح و دقیقی را به دانش‌آموزان ارائه دهد. در عصر هوش مصنوعی، این دانش با ابزارهای دیجیتال غنی‌تر می‌شود؛ به‌عنوان مثال، معلم می‌تواند با استفاده از پلتفرم‌های هوش مصنوعی، محتوای علمی را تحلیل کند، خلاصه‌سازی انجام دهد یا شبکه‌های مفهومی ایجاد کند.

مولفه های دانش محتوایی:

تسلط بر مفاهیم علوم پایه

سازمان‌دهی و تحلیل دانش علمی

محتوای میان‌رشته‌ای (STEAM)

به‌روزرسانی دانش با ابزارهای هوش مصنوعی

پیوند علم با زندگی واقعی

نظریه پشتیبان اول:

شناختی: یادگیری زمانی مؤثر است که دانش‌آموزان اطلاعات علمی را در حافظه بلندمدت پردازش و سازمان‌دهی کنند. ابزارهای هوش مصنوعی می‌توانند به این پردازش شناختی کمک کنند.

نظریه پشتیبان دوم:

رفتارگرایی: تقویت و تکرار محتوای علمی (از طریق آزمون‌های هوشمند یا بازخورد فوری هوش مصنوعی) باعث تثبیت دانش در یادگیرندگان می‌شود.

بعد دوم: دانش محتوایی - آموزشی (PCK)

این بعد به ارتباط بین محتوا و روش تدریس اشاره دارد. معلمان باید بدانند چگونه مفاهیم علمی را به زبان ساده و با روش‌ها و فعالیت‌های مناسب به دانش‌آموزان منتقل کنند. در این بعد، هوش مصنوعی نقش مهمی در طراحی درس،

شبیه‌سازی آزمایش‌های علمی و ایجاد موقعیت‌های یادگیری واقعی ایفا می‌کند. به‌عنوان مثال، معلم می‌تواند با کمک هوش مصنوعی، پروژه‌های علمی یا فعالیت‌های آزمایشگاهی طراحی کند که مشارکت دانش‌آموزان را افزایش دهد.

مؤلفه های دانش محتوایی-آموزشی:

طراحی درس مبتنی بر هوش مصنوعی

روش‌های تدریس نوین (آزمایشگاهی، پروژه‌ای، اکتشافی)

یادگیری فعال و مشارکتی با هوش مصنوعی

ارزشیابی هوشمند و بازخورد فوری

انطباق محتوا با نیازهای دانش‌آموزان

نقش تسهیل‌گر معلم در محیط هوش مصنوعی

نظریه پشتیبان سازنده‌گرایی: یادگیرندگان با تعامل فعال با محیط و ابزارهای هوش مصنوعی، خودشان دانش علمی را می‌سازند.

بعد سوم: دانش فناوری-آموزشی-محتوایی (AI-TPACK)

این بعد سطح پیشرفته‌ای از ادغام سه‌گانه محتوا، آموزش و فناوری است. در اینجا، معلم نه‌تنها به محتوای علمی و روش‌های تدریس مسلط است، بلکه می‌داند چگونه فناوری‌های هوش مصنوعی را به‌طور هم‌زمان در فرایند آموزش به کار گیرد. این بعد معلمان را قادر می‌سازد تا یادگیری شخصی‌سازی‌شده طراحی کنند، سناریوهای آموزشی نوآورانه بسازند و تدریس میان‌رشته‌ای (مانند پروژه‌های STEAM) را عملی کنند.

مؤلفه های دانش فناوری-آموزشی-محتوایی:

تلفیق محتوا، آموزش و فناوری

سناریوهای یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی

یادگیری شخصی‌سازی‌شده

شبیه‌سازی‌ها، واقعیت مجازی و روباتیک

تحلیل داده‌های یادگیری و بازخورد هوشمند

ملاحظات اخلاقی و اجتماعی در استفاده از هوش مصنوعی

نظریه پشتیبان اول :

سازنده‌گرایی: یادگیری پروژه‌محور و مسئله‌محور با کمک فناوری‌های هوش مصنوعی امکان‌پذیر می‌شود.

نظریه پشتیبان دوم:

ارتباط‌گرایی: یادگیری در عصر هوش مصنوعی در شبکه‌های انسانی- ماشینی و با بهره‌گیری از ابزارهای دیجیتال شکل می‌گیرد. معلمان باید بدانند چگونه روابط بین محتوا، فناوری و فراگیران را در این شبکه‌ها مدیریت کنند.

این سه بعد (دانش محتوایی، دانش محتوایی-آموزشی و دانش فناوری-آموزشی-محتوایی) به صورت مکمل یکدیگر عمل می‌کنند:

دانش محتوایی پایه و زیربنای آموزش علوم است و تضمین می‌کند که معلم به‌طور علمی دقیق عمل کند.

دانش محتوایی-آموزشی این دانش را به زبان یادگیری و آموزش ترجمه می‌کند تا برای دانش‌آموزان قابل فهم شود.

دانش فناوری-آموزشی-محتوایی نقطه اوج ادغام سه حوزه است که در آن معلم می‌تواند محتوای علمی را با روش‌های آموزشی و ابزارهای فناورانه (به‌ویژه هوش مصنوعی) یکپارچه سازد.

از لحاظ نظری، این ابعاد با چهار رویکرد اصلی یادگیری پشتیبانی می‌شوند:

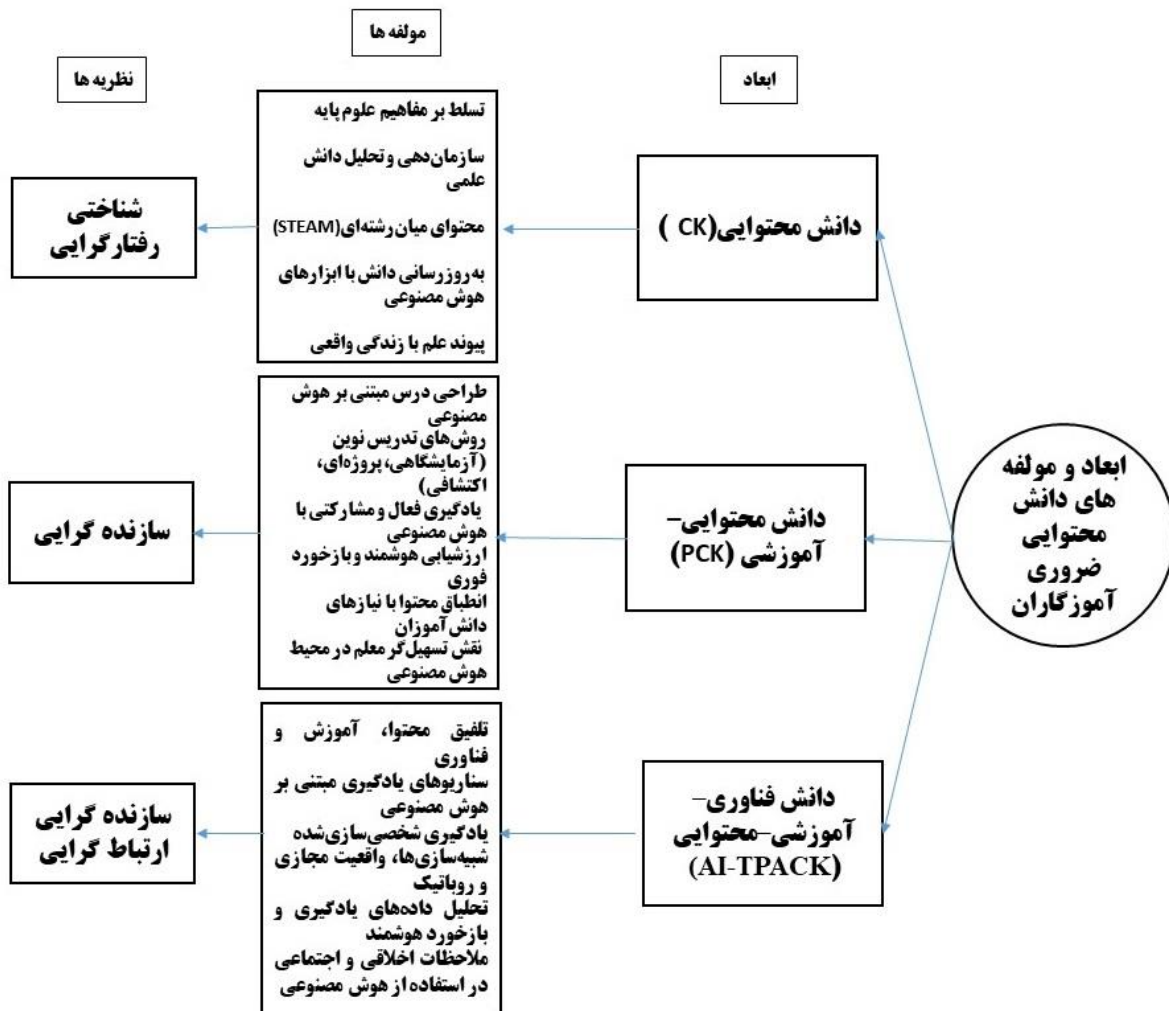
شناختی: برای پردازش و درک عمیق محتوا.

رفتارگرایی: برای تثبیت دانش از طریق تمرین و بازخورد.

سازنده‌گرایی: برای یادگیری فعال و کشف دانش از طریق هوش مصنوعی.

ارتباط‌گرایی: یادگیری در شبکه‌های فناورانه و دیجیتال، که به‌ویژه در زمینه کاربرد هوش مصنوعی اهمیت ویژه‌ای دارد.

یافته‌های حاصل از تحلیل پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که آموزش علوم مبتنی بر هوش مصنوعی زمانی اثربخش است که این چهار بعد در تعامل با یکدیگر و در پرتو نظریه‌های یادگیری مذکور به کار گرفته شوند. در ادامه نتایج حاصل از فراترکیب پژوهش‌های منتخب در قالب یک الگوی مفهومی ارائه گردیده است.



شکل شماره ۳: الگوی مفهومی ابعاد و مولفه های دانش محتوایی ضروری آموزگاران علوم تجربی مبتنی بر تحولات هوش مصنوعی

نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف شناسایی ابعاد و مؤلفه های دانش محتوایی ضروری آموزگاران علوم ابتدایی در پرتو تحولات هوش مصنوعی انجام شده است. یافته های حاصل از سنتز ۴۸ پژوهش نشان می دهد که این دانش را می توان در سه بعد اصلی شامل: دانش محتوایی (CK)، دانش محتوایی-آموزشی (PCK) و دانش فناوری-محتوایی (AI-TPACK) بر هوش مصنوعی طبقه بندی کرد.

بعد نخست، دانش محتوایی (CK)، بنیان آموزش علوم تجربی را تشکیل می دهد و به تسلط معلم بر مفاهیم بنیادی زیست شناسی، فیزیک، شیمی و زمین شناسی اشاره دارد. این بعد شامل مؤلفه هایی چون سازمان دهی و تحلیل دانش علمی، به روز رسانی مستمر

دانش با استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی، پیوند محتوا با زندگی واقعی و رویکرد میان‌رشته‌ای (STEAM) است. یافته‌های پژوهش‌های پیشین مانند (اوبه، ۲۰۱۸؛ لانگ و همکاران، ۲۰۲۰) نیز نشان می‌دهد که کیفیت تدریس علوم ارتباط مستقیمی با عمق دانش محتوایی معلمان دارد و هوش مصنوعی می‌تواند این دانش را به‌روز و کارآمد سازد. چپو و همکاران، (۲۰۲۴) نیز با تأکید بر اهمیت دانش محتوایی آموزگاران علوم، درک مفاهیم هوش مصنوعی، تلفیق آن با آموزش علوم و ارزیابی فناوریانه را مهم‌ترین دانش و مهارتی می‌داند که معلم باید در کاربست هوش مصنوعی آن را کسب کند.

بعد دوم، دانش محتوایی-آموزشی (PCK)، پلی است میان دانش علمی و شیوه‌های یاددهی-یادگیری. مؤلفه‌هایی همچون طراحی درس مبتنی بر هوش مصنوعی، شبیه‌سازی آزمایش‌ها، یادگیری فعال و مشارکتی، ارزشیابی هوشمند و انطباق محتوا با نیازهای دانش‌آموزان در این بعد قرار دارند. پیشینه پژوهش‌های (پاپ، ۲۰۱۷؛ کیم، ۲۰۲۴) نشان داده که بدون PCK اثربخشی آموزش علوم به شدت کاهش می‌یابد. کیم، (۲۰۲۴) اثربخشی برنامه آموزشی همگرایی هوش مصنوعی را در افزایش مهارت‌های تدریس معلمان پیش از خدمت مهم می‌داند و بر نقش محوری دانش محتوایی-آموزشی در آماده‌سازی مربیان برای محیط‌های آموزشی یکپارچه با هوش مصنوعی تأکید دارد. سلیک (۲۰۲۲) هم معتقد است که تعاملات برنامه‌ریزی درسی با هوش مصنوعی، موجب آشکارسازی درک معلمان از محتوا، روش تدریس، شخصی‌سازی یادگیری و اصلاح برنامه‌های آموزشی می‌گردد. بنابراین نقش فناوری‌های نوین به‌ویژه هوش مصنوعی، فراهم آوردن فرصت برای معلمان است تا بتوانند با بهره‌گیری از ابزارهای متنوع و روش‌های نوین، دانش محتوایی را براساس الگوی آموزشی هر درس طراحی و به کار بگیرند.

بعد سوم، دانش فناوری-آموزشی-محتوایی (AI-TPACK)، سطح پیشرفته‌تری از ادغام دانش معلم است که محتوا، آموزش و فناوری را به‌طور هم‌زمان به کار می‌گیرد. این بعد شامل تلفیق محتوا و فناوری، طراحی سناریوهای نوآورانه با AI، یادگیری شخصی‌سازی‌شده، شبیه‌سازی و واقعیت مجازی، تحلیل داده‌های یادگیری و نیز توجه به ملاحظات اخلاقی و اجتماعی در بهره‌گیری از AI است. پژوهش‌های اخیر (سلیک، ۲۰۲۲؛ یونسکو، ۲۰۲۴؛ رشید، ۲۰۲۵) نیز بر ضرورت تجهیز معلمان به شایستگی‌های فناوریانه در سه سطح «کسب، تعمیق و خلق» تأکید کرده و مدل‌های AI-TPACK را کلید موفقیت آموزش در عصر دیجیتال دانسته‌اند. نتایج پژوهش اکرمی و همکاران (۱۴۰۳) نشان می‌دهد که از ۸ مولفه تحول در دانش حرفه‌ای معلمان سه مولفه به دانش فناوریانه - پداگوژیکی و دانش محتوایی هوش مصنوعی اختصاص دارد و برای ادغام موثر هوش مصنوعی در آموزش معلمان ضروری هستند.

از بعد نظری، نتایج نشان داد که این ابعاد سه‌گانه در پرتو چهار رویکرد یادگیری قابل تبیین هستند. سازنده‌گرایی و ارتباط‌گرایی به‌عنوان دو رویکرد اصلی، بیشترین نقش را ایفا می‌کنند؛ سازنده‌گرایی بر یادگیری فعال، کشف دانش و پروژه‌محوری با کمک هوش مصنوعی تأکید دارد و ارتباط‌گرایی به ما نشان می‌دهد که یادگیری در شبکه‌های انسانی-ماشینی و در تعامل با منابع دیجیتال شکل می‌گیرد. منطبق با نتایج حاصل شده، (شاه، ۲۰۲۳ و پراتشکه، ۲۰۲۴) در منابع علمی خود، رویکردهای سازنده‌گرایی و ارتباط‌گرایی را به عنوان نظریه‌های قابل بحث و مرتبط، جهت نوآوری در تدریس و طراحی یادگیری در بستر هوش مصنوعی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در عین حال، شناختی و رفتارگرایی به‌عنوان دو رویکرد پشتیبان عمل می‌کنند؛ شناختی از طریق پردازش و سازمان‌دهی دانش علمی و رفتارگرایی از طریق تمرین، بازخورد فوری و تقویت یادگیری توسط ابزارهای هوشمند. این هم‌پوشانی نظری نشان می‌دهد که هیچ بعدی به تنهایی کفایت نمی‌کند و تعامل این چهار رویکرد به معلمان امکان می‌دهد

آموزش علوم را به صورت جامع و اثربخش طراحی کنند. در جمع‌بندی می‌توان گفت که آموزش علوم ابتدایی در عصر هوش مصنوعی تنها زمانی اثربخش خواهد بود که سه بعد دانش معلمان (AI-TPACK, PCK, CK) در تعامل با یکدیگر و در پرتو رویکردهای یادگیری سازنده‌گرایی و ارتباط‌گرایی به‌عنوان بنیان‌های اصلی و شناختی و رفتارگرایی به‌عنوان پشتیبان به کار گرفته شوند. این مدل، چارچوبی مفهومی برای درک و ارتقای دانش معلمان در عصر دیجیتال فراهم می‌کند و می‌تواند مبنای طراحی برنامه‌های تربیت معلم، بازنگری در محتوا و توسعه حرفه‌ای قرار گیرد. بر همین اساس پیشنهاد می‌شود در چارچوب برنامه درسی تربیت معلم (دانشجو معلمان دوره ابتدایی) در بعد دانشی، درس اختیاری با عنوان «مبانی و کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش علوم» طراحی شود و در بعد عملی (مهارت‌ها)، جهت فراغت از تحصیل، یک واحد یادگیری با استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی توسط دانشجویان طراحی و اجرا شود. همچنین طبق برنامه منسجم و هماهنگ در چارچوب ضمن خدمت و کارگاه، معلمان در معرض آموزش مستمر با محوریت هوش مصنوعی قرار بگیرند.

محدودیت:

-بدلیل انجام مطالعات محدود، دسترسی نداشتن به بعضی از پایگاه‌های نشریات و جدید بودن موضوع در حوزه کاربردی هوش مصنوعی در آموزش علوم به ویژه در دوره ابتدایی، محدودیتی در جستجوی مقالات تخصصی وجود داشت.

منابع

اکرمی، فاطمه، و قادری، مصطفی. (۱۴۰۳). تحول در دانش حرفه‌ای معلمان با ظهور هوش مصنوعی. پژوهش در مطالعات برنامه‌درسی تربیت معلم، ۴(۱)، ۹۵-۱۲۳. <https://doi.org/10.48310/JCDR.2024.16814.1109>

شعبانی، حمیرا. (۱۴۰۳). اثرات هوش مصنوعی در فرایند یادگیری دانش‌آموزان در درس علوم تجربی. رویکرد پژوهشی نوین در مدیریت و حسابداری، ۸(۹۲)، ۳۱-۴۵. <https://majournal.ir/index.php/ma/article/view/2399>

فتحی، فرهاد، فتحی واجارگاه، کوروش، جعفری، اسماعیل، و وحیدی‌اصل، مجتبی. (۱۴۰۴). بازاندیشی برنامه درسی در عصر هوش مصنوعی، از ابزار آموزشی تا بستر تمدنی: رهیافتی نو در جنبش چندبسترسازی. مطالعات برنامه‌درسی، ۱۹(۷۵)، ۳۱-۵۲. <https://doi.org/10.22034/jcs.2025.429395.2198>

قادری، مصطفی، نصرتی، نسرین، و خسروی، محبوبه. (۱۳۹۷). سرگذشت گفتمان عملی در مطالعات برنامه‌درسی. انتشارات آوای نور.

کامیابی، شریف، و سمیعی‌دوست، محمد. (۱۴۰۱). شناسایی مؤلفه‌های دانش فناوری مورد نیاز نو معلمان جهت کاربست آن در فرایند تدریس. نظریه و عمل در تربیت معلم، ۸(۱۴)، ۲۱-۴۲. https://itt.cfu.ac.ir/article_2591.html

مارش، کالین جی. (۱۳۸۷). پژوهش تلفیقی: سنتز پژوهی. روش‌شناسی مطالعات برنامه‌درسی (ترجمه محمود مهرمحمدی و همکاران). سمت. (اثر اصلی در سال ۱۹۹۱ چاپ شده است).

مطلبی‌نژاد، علیرضا، فاضلی، فرزانه، و نوائی، الهام. (۱۴۰۲). بررسی نظام‌مند نویدها و چالش‌های هوش مصنوعی برای معلمان. فناوری و دانش‌پژوهی در تعلیم و تربیت، ۳(۱)، ۲۳-۴۴. <https://doi.org/10.30473/t-> [edu.2023.68819.1101](https://doi.org/10.30473/t-edu.2023.68819.1101)

Abualrob, M. M. (2025). Innovative teaching: How pre-service teachers use artificial intelligence to teach science to fourth graders. *Contemporary Educational Technology*, 17(1), Article ep547. <https://doi.org/10.30935/cedtech/15686>

Adli, M., Suriani, A. B., Ibrahim, M. M., Azzam, A. B., Kusuma, H. H., Dwandaru, W. S. B., & Dhanil, M. (2024). Comprehensive review on technology-based learning using artificial intelligence for science subjects and its implications in teaching and learning. *Educatum Journal of Science, Mathematics and Technology*, 11(2), 100-113. <https://doi.org/10.37134/ejsmt.vol11.2.11>

Al-Zyoud, H. M. (2020). The role of artificial intelligence in teacher professional development. *Universal Journal of Educational Research*, 8(11B), 6263-6272. <https://www.hrpub.org>

- Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education*, 54, 977-997. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10176-3>
- Ambele, R., Kaijage, S., Dida, M., Trojer, L., & Kyando, N. (2022). A review of the development trend of personalized learning technologies and its applications. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, 8(11), 75-91. <https://www.ijasre.net/index.php/ijasre>
- Bagir, M., Karakoyun, G., & Asilturk, E. (2022). Views of science teachers on the use of artificial intelligence in education. *International Online Journal of Educational Sciences*, 14(5), 1223-1234. <https://doi.org/10.15345/iojes>
- Bismack, A. S. (2019). *Content knowledge for teaching science: A longitudinal study of novice elementary teachers' knowledge development in a practice-based teacher education program and school contexts* [Doctoral dissertation, University of Michigan]. <https://deepblue.lib.umich.edu/items/fbf30ead-3944-41ef-ab1c-0f9fcec22f73>
- Blonder, R., Maggor, Y., & Rap, S. (2024). Are they ready to teach? Generative AI as a means to uncover pre-service science teachers' PCK and enhance their preparation program. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10180-2>
- Bogdanova, A. N., Fedorova, G. A., & Ragulina, M. I. (2021). *Forming teachers' awareness of knowledge in the field of artificial intelligence*. In E. Bakshutova, V. Dobrova, & Y. Lopukhova (Eds.), *Humanity in the Era of Uncertainty* (Vol. 119, pp. 281–287). European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2021.12.02.35>
- Celik, I. (2022). Towards intelligent-TPACK: An empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education. *Computers in Human Behavior*, 138, Article 107468. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107468>
- Chiu, T. K., Ahmad, Z., & Çoban, M. (2024). Development and validation of teacher artificial intelligence (AI) competence self-efficacy (TAICS) scale. *Education and Information Technologies*, 30(5), 6667-6685. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13094-z>
- Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 32, 444-452. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10039-y>

- Dai, Y. (2023). Negotiation of epistemological understandings and teaching practices between primary teachers and scientists about artificial intelligence in professional development. *Research in Science Education*, 53(3), 577-591. <https://doi.org/10.1007/s11165-022-10072-8>
- Darayseh, A. (2023). Acceptance of artificial intelligence in teaching science: Science teachers' perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Article 100132. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100132>
- Falloon, G. (2020). From digital literacy to digital competence: The teacher digital competency (TDC) framework. *Educational Technology Research and Development*, 68(5), 2449-2472. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09767-4>
- Gunawan, K. D. H., Liliyasi, Kaniawati, I., & Setiawan, W. (2021). The responses to artificial intelligence in teacher integrated science learning training program. *Proceedings of the International Conference on Mathematics and Science Education*, Article 012034. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2098/1/012034>
- Harmon, J., Pitt, V., Summons, P., & Inder, K. J. (2020). Use of artificial intelligence and virtual reality within clinical simulation for nursing pain education: A scoping review. *Nurse Education Today*, 97, Article 104700. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104700>
- Ishmuradova, I. I., Zhdanov, S. P., Kondrashev, S. V., Erokhova, N. S., Grishnova, E. E., & Volosova, N. Y. (2025). Pre-service science teachers' perception on using generative artificial intelligence in science education. *Contemporary Educational Technology*, 17(3), Article ep579. <https://doi.org/10.30935/cedtech/16207>
- Isma'il, A., Aliu, A., & Ibrahim, M. (2024). Preparing teachers of the future in the era of artificial intelligence. *Journal of Artificial Intelligence, Machine Learning and Neural Network*, Article. <https://doi.org/10.55529/jaimlenn.44.31.41>
- Kapici, H. O., Akcay, H., & Cakir, H. (2022). Investigating the effects of different levels of guidance in inquiry-based hands-on and virtual science laboratories. *International Journal of Science Education*, 44(2), 324-345. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2028926>
- Karsenti, T. (2019). Artificial intelligence in education: The urgent need to prepare teachers for tomorrow's schools. *Formation et Profession*, 27(1), 105-111. <https://doi.org/10.18162/fp.2019.a166>

- Kim, K., & Kwon, K. (2023). Exploring the AI competencies of elementary school teachers in South Korea. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Article 100137. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100137>
- Kim, S. (2024). Development of a TPACK educational program to enhance pre-service teachers' teaching expertise in artificial intelligence convergence education. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*, 14(1), 1-9. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.14.1.19552>
- Köprülü, F., Oyebimpe, A. O., Başarı, Ş., & Ayhan, S. B. (2023). Innovative effects of artificial intelligence on teacher education. *Conhecimento & Diversidade*, 15(40), 449–465. <https://doi.org/10.18316/rcd.v15i40.11240>
- Kotsis, K. T. (2024). Artificial intelligence creates fairy tales for physics teaching in primary education. *European Journal of Open Education and E-learning Studies*, 9(1). <https://doi.org/10.46827/ejoe.v9i1.5250>
- Li, T., Reigh, E., He, P., & Adah Miller, E. (2023). Can we and should we use artificial intelligence for formative assessment in science? *Journal of Research in Science Teaching*, 60(6), 1385-1389. <https://doi.org/10.1002/tea.21867>
- Lin, C.-C., Huang, A. Y. Q., & Lu, O. H. T. (2023). Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education: A systematic review. *Smart Learning Environments*, 10, Article 41. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00260-y>
- Long, T., Zhao, G., Li, X., Zhao, R., Xie, K., & Duan, Y. (2020). Exploring Chinese in-service primary teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) for the use of thinking tools. *Asia Pacific Journal of Education*, 42(2), 350-370. <https://doi.org/10.1080/02188791.2020.1812514>
- Lindner, A., & Romeike, R. (2019). Teachers' perspectives on artificial intelligence. <https://www.researchgate.net/publication/337716601>
- Marsh, C. J. (2009). Key concepts for understanding curriculum. *Routledge*
- Mollick, E. R., & Mollick, L. (2023, March 17). *Using AI to implement effective teaching strategies in classrooms: Five strategies, including prompts* (The Wharton School Research Paper). SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4391243>

- Mondal, H., Marndi, G., Behera, K., & Mondal, S. (2023). ChatGPT for teachers: Practical examples for utilizing artificial intelligence for educational purposes. *Indian Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, *10*, 200-205. https://doi.org/10.4103/ijves.ijves_37_23
- Murphy, R. F. (2019, January). *Artificial Intelligence Applications to Support K–12 Teachers and Teaching: A Review of Promising Applications, Opportunities, and Challenges* (Research report 19907). RAND Corporation. <https://www.jstor.org/stable/resrep19907?seq=1>
- Nazaretsky, T., Ariely, M., Cukurova, M., & Alexandron, G. (2022). Teachers' trust in AI-powered educational technology and a professional development program to improve it. *British Journal of Educational Technology*, *53*(4), 914-931. <https://doi.org/10.1111/bjet.13232>
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Su, J., Ng, R. C. W., & Chu, S. K. W. (2023). Teachers' AI digital competencies and twenty-first-century skills in the post-pandemic world. *Educational Technology Research and Development*, *71*(1), 137-161. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10203-6>
- Ning, Y., Zhang, C., Xu, B., Zhou, Y., & Wijaya, T. T. (2024). Teachers' AI-TPACK: Exploring the relationship between knowledge elements. *Sustainability*, *16*(3), Article 30978. <https://doi.org/10.3390/su16030978>
- Nja, C. O., Idiege, K. J., Uwe, U. E., Meremikwu, A. N., Ekon, E. E., Erim, C. M., & Cornelius-Ukpepi, B. U. (2023). Adoption of artificial intelligence in science teaching: From the vantage point of the African science teachers. *Smart Learning Environments*, *10*(1), Article 42. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00261-x>
- Obe, W. H. (2018). The teaching of science in primary schools. *David Fulton Publishers*. <https://doi.org/10.4324/9781315398907>
- Park, J., Teo, T., Teo, A., Chang, J., Huang, J., & Koo, S. (2023). Integrating artificial intelligence into science lessons: Teachers' experiences and views. *International Journal of STEM Education*, *10*, Article 16. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00454-3>
- Polak, S., Schiavo, G., & Zancanaro, M. (2022). Teachers' perspective on artificial intelligence education: An initial investigation. *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts*, Article 431. <https://doi.org/10.1145/3491101.3519866>

- Pope, D. (2017). *Conceptions of subject knowledge in primary initial teacher training: The perspectives of student teachers and teacher educators* [Doctoral thesis, Liverpool John Moores University]. <https://doi.org/10.24377/LJMU.t.00005762>
- Pratschke, B. M. (2024). Generative AI and education: Digital pedagogies, teaching innovation and learning design. *SpringerBriefs in Education*. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-67991-9>
- Pu, S., Ahmad, A., Khambari, N., Yap, K., & Ahrari, S. (2021). Improvement of pre-service teachers' practical knowledge and motivation about artificial intelligence through a service-learning-based module in Guizhou, China: A quasi-experimental study. *Asian Journal of University Education*, 17(3). <https://doi.org/10.24191/ajue.v17i3.14499>
- Okebukola, P. A. (Ed.). (2025). *AI and curriculum development for the future* (In honour of Abubakar Adamu Rasheed). Sterling Publishers. <https://eprints.gouni.edu.ng/4428/1/Volume%202-AI%20and%20Quality%20Higher%20Education%20Handbook-January%202025.pdf>
- Saharuddin, M., Nasir, M., & Mahmud, M. (2024). Exploring teachers' technological pedagogical content knowledge in utilizing artificial intelligence (AI) for teaching. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 24(1), 136-151. <https://doi.org/10.26803/ijlter.24.1.7>
- Shah, P. (2023). *AI and the future of education: Teaching in the age of artificial intelligence*. John Wiley & Sons
- Simuț, R., Simuț, C., Badulescu, D., & Bădulescu, A. (2024). Artificial intelligence and the modelling of teachers' competencies. *Amfiteatru Economic Journal*, 26(65), 181-200. <https://doi.org/10.24818/EA/2024/65/181>
- Topal, A. D., Eren, C. D., & Gecer, A. K. (2021). Chatbot application in a 5th grade science course. *Education and Information Technologies*, 26, 6241-6265. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10627-8>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2024). *AI competency framework for teachers* [Framework]. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104>
- Verma, G., Campbell, T., Melville, W., & Park, B. (2023). Navigating opportunities and challenges of artificial intelligence: ChatGPT and generative models in science teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 34(8), 793-798. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2023.2263251>

Yue, M., Jong, M., & Ng, D. (2024). Understanding K-12 teachers' technological pedagogical content knowledge readiness and attitudes toward artificial intelligence education. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12621-2>

Zhai, X. (2021). Practices and theories: How can machine learning assist in innovative assessment practices in science education? *Journal of Science Education and Technology*, 30, 454–468. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09901-8>