فصلنامه علمي اقتصاد و بانكداري اسلامي، شماره ..... ، فصل سال – صفحات ۲۹-۱

آموزش اقتصاد انرژی در مقاطع ابتدایی و متوسطه

نوع مقاله: پژوهشی

رضا خوشه کار[۱]
دکتر حسین صادقی سقدل[۲]
دکتر لطفعلی عاقلی[۳]

تاریخ دریافت: تاریخ پذیرش:

چکیده
گنجاندن مفاهیم مربوط به انرژی در آموزش ابتدایی و متوسطه برای پرورش نسلی ضروری است که از منابع انرژی، الگوهای مصرف و پایداری آگاهی کافی داشته باشند. یک برنامه‌ی درسی جامع که هم منابع انرژی تجدیدپذیر و هم تجدیدناپذیر را دربر گیرد، برای اطمینان از این‌که دانش‌آموزان درک عمیق و دقیقی از این موضوعات حیاتی پیدا کنند، ضرورت دارد.
برای دستیابی به این هدف، مؤسسات آموزشی باید از راهبردهای نوآورانه‌ی آموزشی استفاده کنند؛ از جمله آزمایش‌های عملی، شبیه‌سازی‌های تعاملی و کاربردهای دنیای واقعی. چنین رویکردهایی نه‌تنها مهارت‌های تحلیلی و تفکر انتقادی دانش‌آموزان را تقویت می‌کند، بلکه آگاهی آن‌ها را نسبت به میزان مصرف انرژی و پیامدهای گسترده‌تر آن افزایش می‌دهد.
معلمان نقش محوری در ارائه‌ی مؤثر آموزش انرژی ایفا می‌کنند. توانایی آن‌ها در ادغام موضوعات مرتبط با انرژی در برنامه‌ی درسی، همراه با مشارکت در برنامه‌های توسعه حرفه‌ای، تأثیر قابل‌توجهی بر میزان درک و علاقه دانش‌آموزان به این موضوع دارد. افزون بر این، همکاری با سازمان‌های اجتماعی، متخصصان صنعت و نهادهای دولتی می‌تواند تجربه‌ی آموزشی را با ارائه‌ی بینش‌های عملی و دیدگاه‌های مبتنی بر دنیای واقعی غنی‌تر سازد.
ترویج سواد انرژی در مدارس، دانش‌آموزان را توانمند می‌سازد تا درباره نحوه‌ی مصرف انرژی تصمیم‌های آگاهانه بگیرند و بدین‌ترتیب به پیشبرد جامعه‌ای پایدارتر کمک کنند. فراتر از کسب دانش علمی، آموزش انرژی حس مسئولیت‌پذیری و حفاظت از محیط‌زیست را در دانش‌آموزان تقویت می‌کند و آنها را برای رویارویی با جهانی که روزبه‌روز نسبت به انرژی آگاهتر می‌شود، آماده می‌سازد.

کلیدواژه‌ها: آموزش اقتصاد انرژی؛ سواد انرژی؛ پایداری انرژی؛ برنامه درسی؛ آموزش ابتدایی و متوسطه
طبقه‌بندی JEL: Q40, A21, Q56, I21:

---

۱ کارشناس ارشد ، گروه برنامه ریزی وتوسعه اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
reza_khoshehkar@modares.ac.ir
۲ دانشیار، گروه توسعه و برنامه‌ریزی اقتصادی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
sadeghih@modares.ac.ir
۳ دانشیار، گروه اقتصاد، پژوهشکده اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
aghelik@modares.ac.ir

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

مقدمه

یکپارچه‌سازی آموزش انرژی در برنامه‌های درسی مقاطع ابتدایی و متوسطه برای پرورش نسلی آگاه نسبت به منابع انرژی، الگوهای مصرف و پایداری ضروری است. رویکردی جامع که هم منابع انرژی تجدیدپذیر و هم تجدیدناپذیر را دربرگیرد و با روش‌های آموزشی نوآورانه‌ای همچون آزمایش‌های عملی، شبیه‌سازی‌های تعاملی و کاربردهای واقعی تلفیق شود، مهارت‌های تفکر انتقادی دانش‌آموزان را تقویت کرده و آگاهی آن‌ها را نسبت به ردپای انرژی‌شان افزایش می‌دهد. معلمان در این فرایند نقشی حیاتی دارند و همکاری آنان با سازمان‌های اجتماعی، مؤسسات علمی و متخصصان صنعت می‌تواند تجربه‌ی یادگیری را به‌طور چشمگیری غنی‌تر سازد. از طریق ترویج سواد انرژی، مدارس دانش‌آموزان را توانمند می‌سازند تا درباره‌ی مصرف انرژی تصمیم‌های آگاهانه بگیرند و به خلق آینده‌ای پایدارتر کمک کنند. این نوع آموزش نه‌تنها درک علمی را تقویت می‌کند، بلکه حس مسئولیت‌پذیری محیطزیستی و شهروندی فعال را نیز در دانش‌آموزان پرورش می‌دهد. احمدی و نادری (۱۳۹۸) انرژی یکی از اساسی‌ترین و فراگیرترین مسائل جهان معاصر به‌شمار می‌رود. چالش‌های مربوط به کاهش منابع و الگوهای مصرف انرژی نه‌تنها پیامدهای زیست‌محیطی چشمگیری به‌همراه دارند، بلکه بر ثبات سیاسی و اقتصادی در سطوح جهانی و محلی، الگوهای تصمیم‌گیری مصرف‌کنندگان، سلامت عمومی و نیز رفاه انسان و جهان طبیعی تأثیر می‌گذارند. دواترز، ققیش، گراهام و پاورز (۲۰۱۳)[1] با وجود آنکه شمار قابل‌توجهی از افراد نسبت به این مسائل ابراز نگرانی می‌کنند و خواستار راهکارهای فوری برای کاهش پیامدهای آن‌ها هستند، تنها تعداد اندکی از مردم درکی بنیادین از علل ریشه‌ای این چالش‌هادارند. در نتیجه، غالباً ضرورتِ دگرگونی‌های عمیق اجتماعی و فناورانه را برای مواجهه مؤثر با این مشکلات تشخیص نمی‌دهند. یکی از کاستی‌های اساسی نظام آموزشی کنونی، ناتوانی آن در ارائه‌ی درکی پایه‌ای از گزینه‌های تأمین انرژی و پیامدهای اجتماعی و زیست‌محیطی آنهاست. جِنینگز (۲۰۰۹)[2] در بسیاری از کشورها، ساختار اقتصادی همچنان به‌طور عمده به سوخت‌های فسیلی وابسته است و همین امرضرورتِ گذار راهبردی به‌سوی انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود بهره‌وری انرژی را برای تحقق توسعه‌ی پایدار برجسته می‌سازد.

با این حال، نیازهای مالی قابل‌توجه برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های بهینه‌ساز مصرف انرژی و گسترش زیرساخت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، نقش حیاتی بخش مالی را در تسهیل تأمین مالی محیطزیستی برجسته می‌کند و به همین دلیل، پژوهش‌های دانشگاهی درباره‌ی پیامدهای زیست‌محیطی توسعه‌ی مالی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. در حالی‌که برخی کشورها برای حمایت از ابتکارات محیطزیستی به سازوکارهای تأمین مالی عمومی، از جمله کمک‌های رسمی توسعه، اتکا می‌کنند، نگرانی‌هایی درباره‌ی بروز اثرات مزاحم که می‌تواند مشارکت بخش خصوصی را محدود سازد، مطرح شده است. در این میان، وجوه ارسالی منبع مالی اغلب نادیده گرفته‌شده اما بسیار مهمی محسوب می‌شود که به‌عنوان یکی از اجزای کلیدی نظام مالی جهانی، جریان‌هایی ایجاد می‌کند که سه برابر کمک‌های رسمی توسعه است

1 Graham and Powers
2 Jennings

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

و بنابراین ظرفیت معناداری برای حمایت از پایداری محیطزیستی و کاهش تخریب اکولوژیکی دارد. ظفر، سلیم، دستک و چاغلار (۲۰۲۲)[1] در پژوهشی مرتبط، محمودی و همکاران (۱۴۰۵) با استفاده از داده‌های تابلویی کشورهای در حال توسعه طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ و روش گشتاورهای تعمیم‌یافته، رابطه مثبت مصرف سوخت‌های فسیلی و رابطه منفی مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر با انتشار گازهای گلخانه‌ای را گزارش کردند. این یافته‌ها می‌تواند مبنایی برای توجه به پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی انتخاب منابع انرژی در محتوای آموزشی باشد.

۱. نظام آموزشی در ایران

نظام آموزشی ایران به‌طور کلی از دو مرحله‌ی اصلی تشکیل شده است: آموزش ابتدایی و آموزش متوسطه. آموزش ابتدایی شش سال به طول می‌انجامد و گروه سنی شش تا دوازده سال را دربر می‌گیرد. این مرحله، پایه‌ی رسمی آموزش محسوب می‌شود و طی آن دانش‌آموزان مهارت‌های‌اساسی خواندن و نوشتن، ریاضیات، علوم پایه و مهارت‌های اجتماعی را فرا می‌گیرند. پس از پایان مقطع ابتدایی، دانش‌آموزان وارد آموزش متوسطه می‌شوند که خود شامل دو دوره‌ی مجزا است: دوره‌ی اول متوسطه و دوره‌ی دوم متوسطه. دوره‌ی اول متوسطه، با مدت زمان سه سال، با هدف تقویت و گسترش دانشی که در مرحله‌ی ابتدایی کسب شده طراحی شده است. دوره‌ی دوم متوسطه نیز سه سال به طول می‌انجامد و به دانش‌آموزان امکان می‌دهد بر اساس علایق، توانایی‌ها و استعدادهای خود در یکی از رشته‌های علوم تجربی، ریاضی، علوم انسانی، هنر یا شاخه‌های فنی و حرفه‌ای تخصص یابند. در این مرحله، دانش‌آموزان علاوه بر گذراندن دروس عمومی، وارد مطالعه‌ی مباحث تخصصی‌تری می‌شوند که آن‌ها را برای ادامه‌ی تحصیل در آموزش عالی، ورود به بازار کار یا پیگیری مسیرهای آموزشی و مهارتی جایگزین آماده می‌سازد. غفاری (۲۰۱۸) حسینی (۲۰۲۰) مهرمحمدی و همکاران. (۱۳۹۴) مولیس و همکاران (۲۰۱۶)[2]

۲. انرژی در نظام آموزشی ایران

در نظام آموزشی ایران، گنجاندن مفاهیم مرتبط با انرژی در مقاطع ابتدایی و متوسطه به‌تدریج در حال پیشرفت است و هدف آن آشنایی دانش‌آموزان با مسائل انرژی و اهمیت آن‌ها از سنین پایین است. در مقطع ابتدایی، محتوای کتاب‌های علوم شامل موضوعاتی همچون منابع انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، و اهمیت صرفه‌جویی در مصرف انرژی است؛ مباحثی که متناسب با سن دانش‌آموزان و به شیوهای ساده و قابل‌فهم ارائه می‌شود. هدف اصلی در این مرحله، ایجاد درکی پایه‌ای و آگاهی اولیه دربارهٔ تولید، مصرف و صرفه‌جویی انرژی است تا از این طریق رفتارهای روزمره ی دانش‌آموزان تحت تأثیر قرار گرفته و آنان به استفادهی مسئولانه از انرژی ترغیب شوند. وزارت آموزش و پرورش جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۱) دواترز و همکاران (۲۰۱۳)[3]

1 Zafar, Salim, Dastak, Çağlar
2 Mullis et al.
3 Dawaters et al

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

در آموزش متوسطه، تدریس مفاهیم مرتبط با انرژی پیشرفته‌تر و تخصصی‌تر می‌شود. در این مرحله، دانش‌آموزان با موضوعات پیچیده‌تری آشنا می‌شوند، از جمله اصول فیزیکی انرژی، فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و پیامدهای زیست‌محیطی مصرف انرژی. برنامه درسی شامل هم دروس نظری و هم پروژههای عملی است که کاربردها و راهبردهای مدیریت انرژی را بررسی می‌کنند. علاوه بر این، به دانش‌آموزان این فرصت داده می‌شود که رشته‌های تحصیلی مرتبط با علوم انرژی، مانند فیزیک و علوم محیطزیست را انتخاب کنند؛ بدین ترتیب می‌توانند درک عمیق‌تری پیدا کرده و دانش و مهارت‌های تخصصی در حوزه انرژی کسب کنند. کارپودوان و همکاران (۲۰۱۶)[1] گارسیا-فررو و همکاران، (۲۰۲۱)[2] مارتینز-بوررگوئرو و همکاران (۲۰۱۹)[3]

این رویکرد آموزشی به دانش‌آموزان امکان می‌دهد که نه‌تنها درک عمیق‌تری از مفاهیم انرژی به دست آورند، بلکه مهارت‌های انتقادی لازم برای مواجهه با چالش‌های انرژی و محیطزیست را نیز توسعه دهند. با توجه به اهمیت روزافزون مسائل مرتبط با انرژی در سطوح ملی و جهانی، ادغام مؤثر این مفاهیم در نظام آموزشی نقش مهمی در شکل‌دهی نسلی آگاه و مسئول در زمینه مدیریت پایدار انرژی دارد. چنین رویکردی تضمین می‌کند که افرادی تربیت شوند که توانایی مشارکت فعال در حل مسائل فوری مرتبط با انرژی و محیطزیست را داشته باشند. دواترز و پاورز، (۲۰۱۱)[4] (اوتسکیویچ و همکاران، ۲۰۱۷)[5] (یونسکو، ۲۰۲۰)

۳. مرور ادبیات (پیشینه پژوهش)

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تقویت آگاهی نسبت به مسائل مرتبط با انرژی و پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی آن از سنین پایین، نقش مهمی در شکل‌دهی نگرش‌ها و رفتارهای پایدار در نسل‌های آینده دارد. آموزش انرژی می‌تواند با افزایش سطح دانش، نگرش و مهارت‌های تصمیم‌گیری دانش‌آموزان، زمینه مشارکت آگاهانه‌تر آنها در مدیریت مصرف منابع و حرکت به سوی توسعه پایدار را فراهم کند دیوُترز و پاورز (۲۰۱۱) همچنین مطالعات نشان داده‌اند که آموزش مفاهیم مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر و پایداری در دوره متوسطه، موجب افزایش آگاهی، علاقه و درک دانش‌آموزان نسبت به چالش‌های انرژی و محیطزیست می‌شود هوک و همکاران (۲۰۲۲)[6]. علاوه بر این، بررسی‌های انجام‌شده درباره آموزش توسعه پایدار نشان می‌دهد که رویکردهای آموزشی فعال، مانند یادگیری پروژه‌محور، میان‌رشته‌ای و مشارکتی، تأثیر مثبتی بر دانش، نگرش و رفتارهای پایدار یادگیرندگان دارند لوری و همکاران (۲۰۱۶)[7] و آردوین و همکاران[8] (۲۰۲۰). بنابراین، مرور جامع پیشینه پژوهش در این حوزه می‌تواند بینش‌های ارزشمندی درباره اهمیت آموزش اقتصاد انرژی و شناسایی

1 Karpodwan et al
2 García-Ferro et al
3Martínez-Borreguero et al
4 DeWaters and Powers
5 Otsukiewicz et al
6 Hook et al
7 Lowry et al
8 Ardoin et al

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

مؤثرترین رویکردهای آموزشی برای ارتقای سواد انرژی دانش‌آموزان فراهم کند. در زمینه آموزش اقتصادی در ایران نیز، احسان‌فر و همکاران (۱۳۹۶) با نظرسنجی از ۳۱۳ نفر از خبرگان و استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، آموزش‌وپرورش را در میان بسترهای بررسی‌شده برای ترویج آموزه‌های اقتصاد اسلامی در اولویت نخست قرار دادند؛ یافته‌ای که بر جایگاه آموزش عمومی در انتقال مفاهیم اقتصادی تأکید دارد.

علاوه بر این، باید تأکید کرد که آموزش صرفه‌جویی در انرژی و اقتصاد انرژی، به‌ویژه در مقاطع ابتدایی، نقش مهمی در شکل‌گیری آگاهی، نگرش و رفتارهای پایدار در کودکان دارد. آموزش انرژی در سنین پایین می‌تواند موجب توسعه سواد انرژی، افزایش درک دانش‌آموزان از پیامدهای مصرف انرژی و تقویت تمایل آنها به اتخاذ رفتارهای مسئولانه زیست‌محیطی شود.هیومن و همکاران (۲۰۲۵)[1] و پیترپرتوسا و همکاران (۲۰۲۱)[2]فراهم‌کردن محیطهای آموزشی مناسب و استفاده از روش‌های یادگیری فعال، مانند پروژه‌های عملی، یادگیری مبتنی بر مسئله و فعالیت‌های مشارکتی، به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا مفاهیم انرژی را نه‌تنها به‌صورت نظری، بلکه در ارتباط با مسائل واقعی زندگی درک کنند. آدریاواتی و همکاران (۲۰۲۰)[3] و چن و همکاران (۲۰۲۳)[4]پژوهش‌ها همچنین نشان داده‌اند که برنامه‌های آموزشی مبتنی بر تجربه، بازی‌وارسازی و فعالیت‌های گروهی می‌توانند اثربخشی آموزش انرژی را افزایش داده و زمینه تغییر رفتارهای مرتبط با مصرف انرژی را فراهم کنند پیترپرتوسا و همکاران (۲۰۲۱) و واسیلوپولو و همکاران (۲۰۲۲)[5] در نتیجه، استفاده از الگوهای آموزشی نوین و مبتنی بر شواهد، علاوه بر گسترش دانش علمی دانش‌آموزان، مهارت‌های حل مسئله، تفکر انتقادی و توانایی مشارکت فعال آنها در مواجهه با چالش‌های انرژی و محیطزیست را تقویت می‌کند ایگنایتینگ کید پاور (۲۰۲۴)[6]بنابراین، ارزیابی و بهبود مستمر رویکردهای آموزشی در این حوزه می‌تواند نقش مهمی در طراحی برنامه‌های درسی مؤثرتر و آماده‌سازی نسل آینده برای مدیریت پایدار منابع انرژی ایفا کند .

افزون بر این، آموزش مفاهیم مرتبط با صرفه‌جویی و اقتصاد انرژی، به‌ویژه در مقاطع ابتدایی تحصیل، از اهمیت بسزایی برخوردار است؛ زیرا می‌تواند به ارتقای سواد انرژی کودکان و تقویت نگرش‌ها و الگوهای رفتاری پایدار در آنان کمک کند. آموزش انرژی می‌تواند از طریق افزایش دانش، نگرش و مهارت‌های تصمیم‌گیری، دانش‌آموزان را برای اتخاذ رفتارهای مسئولانه‌تر در زمینه مصرف منابع آماده کند دی‌واترز و پاورز، (۲۰۱۱). فراهم‌کردن محیطهای آموزشی مناسب و استفاده از محتوای جذاب و کاربردی، به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا ارتباط میان مصرف انرژی، پیامدهای زیست‌محیطی و مسئولیت فردی خود را بهتر درک کنند آردوین و باورز، (۲۰۲۰)[7]. پژوهش‌ها همچنین نشان داده‌اند که استفاده از روش‌های نوین آموزشی، مانند یادگیری پروژه‌محور، فعالیت‌های گروهی و

1 Human et al
2 Pietrpertusa et al
3 Adriawati et al
4 Chen et al
5 Asilopoulou et al
6 Igniting Kid Power
7 Ardoin and Bowers

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

مشارکتی، می‌تواند اثربخشی آموزش انرژی را افزایش داده و موجب بهبود دانش، نگرش و رفتارهای مرتبط با انرژی شود کارپودوان و همکاران، (۲۰۱۶)[1]. در نتیجه، به‌کارگیری الگوهای آموزشی مبتنی بر شواهد نه‌تنها موجب توسعه دانش علمی دانش‌آموزان می‌شود، بلکه مهارت‌های عملی، تفکر انتقادی و توانایی مشارکت آنان در حل مسائل محیط‌زیستی را نیز تقویت می‌کند آردوین و همکاران[2]، (۲۰۲۰).

۴. روش‌شناسی

روش‌شناسی پژوهش به‌کاررفته در این مقاله بر پایه تکنیک دلفی فازی است. در این رویکرد، ابتدا گروهی از خبرگان و متخصصان در حوزه مورد مطالعه شناسایی و انتخاب می‌شوند و سپس دیدگاه‌های آنان از طریق پرسشنامه‌های ساختاریافته گردآوری می‌شود. فرآیند دلفی فازی با ترکیب روش دلفی سنتی و نظریه مجموعه‌های فازی، امکان تبدیل قضاوت‌های زبانی خبرگان به داده‌های کمی و دستیابی به اجماع گروهی را فراهم می‌کند ایشیکاوا و همکاران[3] (۱۹۹۳)؛ هسو و همکاران[4] (۲۰۱۰) این فرآیند معمولاً در چند مرحله انجام می‌شود تا پاسخ‌های خبرگان بازبینی، پالایش و به سطح قابل قبول اجماع برسند. استفاده از منطق فازی موجب کاهش عدم قطعیت و ابهام موجود در قضاوت‌های انسانی شده و قابلیت اعتماد نتایج حاصل از نظر خبرگان را افزایش می‌دهد کائو و چن، (۲۰۰۸)[5]؛ چانگ و همکاران، (۲۰۱۱)[6] همچنین، مطالعات حوزه آموزش نشان داده‌اند که روش دلفی فازی می‌تواند برای توسعه مدل‌های آموزشی، شناسایی شاخص‌ها و تعیین مؤلفه‌های ضروری بر اساس توافق متخصصان مورد استفاده قرار گیرد. چن و همکاران، (۲۰۱۸)[7]؛ چوآ و همکاران، (۲۰۲۴)[8]

۱/۴. تعریف موضوع و هدف پژوهش

انرژی به‌عنوان یکی از ارکان اساسی توسعه اقتصادی و اجتماعی، نقش مهمی در زندگی روزمره انسان‌ها و شکل‌دهی به الگوهای مصرف پایدار ایفا می‌کند. با افزایش چالش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی، محدودیت منابع انرژی و ضرورت گذار به نظام‌های کم‌کربن، ارتقای دانش و آگاهی افراد درباره تولید، مصرف و پیامدهای زیست‌محیطی انرژی به یکی از اولویت‌های مهم نظام‌های آموزشی تبدیل شده است. در این راستا، مفهوم سواد انرژی (Energy Literacy) به مجموعه‌ای از دانش، نگرش‌ها، مهارت‌ها و توانایی‌های لازم برای درک نظام‌های انرژی، ارزیابی پیامدهای مصرف انرژی و اتخاذ تصمیم‌های مسئولانه اشاره دارد دی‌واترز و پاورز،(۲۰۱۱) ؛ گلادوین و الیس، (۲۰۲۳)[9] آموزش انرژی در مقاطع

1 Karpudewan et al
2 Ardoin et al
3 Ishikawa et al
4 Hsu et al
5 Cao and Chen
6 Chang et al
7 Chen et al
8 Chua et al
9 Gladwin and Ellis

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

ابتدایی و متوسطه می‌تواند نقش مهمی در شکل‌گیری نگرش‌های پایدار، افزایش مسئولیت‌پذیری زیست‌محیطی و تقویت رفتارهای صرفه‌جویانه در نسل‌های آینده داشته باشد؛ زیرا دانش‌آموزان از طریق آموزش‌های هدفمند، نه‌تنها مفاهیم علمی مرتبط با انرژی را فرا می‌گیرند، بلکه توانایی تحلیل مسائل پیچیده مرتبط با تغییرات اقلیمی و توسعه پایدار را نیز کسب می‌کنند کاتن و همکاران، (۲۰۰۷)[1]؛ لووه و همکاران، (۲۰۲۳)[2]. بنابراین، هدف پژوهش حاضر شناسایی و تبیین مؤلفه‌ها، راهبردها و الزامات آموزش انرژی در نظام آموزشی و ارائه چارچوبی مناسب برای ارتقای اثربخشی آموزش انرژی بر اساس دیدگاه متخصصان و خبرگان این حوزه است.

۱/۱/۴موضوع پژوهش

این پژوهش بر ارزیابی و بهبود آموزش انرژی در نظام‌های آموزشی مقاطع ابتدایی و متوسطه متمرکز است. هدف آن بررسی وضعیت موجود آموزش انرژی است؛ وضعیتی که شامل برنامه‌های درسی، رویکردهای آموزشی و میزان اثربخشی این روش‌ها در ارتقای آگاهی، دانش و درک مفاهیم مرتبط با انرژی در میان دانش‌آموزان می‌شود. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که سطح سواد انرژی دانش‌آموزان نه‌تنها تحت تأثیر میزان دانش علمی آنان، بلکه تحت تأثیر نگرش‌ها، تجربیات آموزشی و فرصت‌های یادگیری مرتبط با مسائل انرژی قرار دارد. ازاین‌رو، ارزیابی برنامه‌های درسی و روش‌های تدریس انرژی می‌تواند به شناسایی نقاط ضعف و قوت نظام آموزشی و طراحی راهبردهای مؤثرتر برای توسعه شایستگی‌های انرژی در دانش‌آموزان کمک کند دی‌واترز و پاورز،(۲۰۱۱) ؛ لی و همکاران، (۲۰۱۵)[3]این مطالعه در پی آن است که چارچوب کنونی آموزش انرژی را بررسی کرده و بینش‌هایی ارائه دهد درباره اینکه چگونه می‌توان آموزش انرژی را به‌گونه‌ای بهبود بخشید که دانش‌آموزان به دانش، نگرش و مهارت‌های لازم برای درک و مواجهه با چالش‌های انرژی و توسعه پایدار مجهز شوند گلدمن و همکاران،(۲۰۱۷)[4] ؛ لووه و همکاران، (۲۰۲۳)[5]

۲/۱/۴ هدف پژوهش

هدف اصلی این پژوهش ارزیابی میزان ادغام آموزش انرژی در برنامه‌های درسی مدارس ابتدایی و متوسطه و شناسایی شیوه‌های بهینه برای ارتقای این ادغام است. آموزش انرژی زمانی می‌تواند اثربخشی بیشتری داشته باشد که به‌صورت نظام‌مند در برنامه‌های درسی مدارس گنجانده شده و از روش‌های آموزشی فعال، منابع یادگیری مناسب و رویکردهای مبتنی بر تجربه استفاده شود. مطالعات نشان داده‌اند که کیفیت برنامه‌های آموزش انرژی و نحوه ارائه مفاهیم مرتبط با انرژی، تأثیر مستقیمی بر سطح دانش، نگرش و رفتارهای مرتبط با مصرف انرژی در دانش‌آموزان دارد دی‌واترز و پاورز،(۲۰۱۱)؛ لی و همکاران،

1 Cotton et al
2 Lowe et al
3 Lee et al
4 Goldman et al
5 Lowe et al

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

(۲۰۱۵)[1] همچنین، پژوهش‌ها تأکید می‌کنند که توسعه برنامه‌های درسی مبتنی بر پایداری و استفاده از راهبردهای آموزشی نوین می‌تواند نقش مهمی در افزایش شایستگی‌های انرژی، تقویت تفکر انتقادی و آماده‌سازی دانش‌آموزان برای مواجهه با چالش‌های انرژی و تغییرات اقلیمی داشته باشد موچیزوکی و برایان، (۲۰۱۵)[2]؛ لووه و همکاران،(۲۰۲۳). ازاین‌رو، این پژوهش در پی ارائه پیشنهادهای مبتنی بر شواهد برای بهبود برنامه‌های درسی، ارتقای رویکردهای آموزشی و حمایت از سیاست‌گذاری‌های آموزشی در حوزه انرژی و پایداری محیط‌زیست است.

۵ انتخاب گروه خبرگان

در پژوهش‌های مبتنی بر روش دلفی فازی، انتخاب گروه خبرگان یکی از مهم‌ترین مراحل طراحی پژوهش محسوب می‌شود؛ زیرا کیفیت نتایج و میزان اعتبار اجماع حاصل‌شده، به میزان زیادی به تخصص و تناسب اعضای پنل خبرگان وابسته است. در این روش، هدف انتخاب نمونه‌ای نماینده از جامعه آماری نیست، بلکه شناسایی افرادی است که دارای دانش تخصصی، تجربه عملی و آگاهی کافی درباره موضوع مورد مطالعه باشند. بر این اساس، خبرگان پژوهش حاضر از میان متخصصان حوزه آموزش انرژی، برنامه‌ریزی درسی، علوم تربیتی و کارشناسان مرتبط انتخاب شدند. معیارهای انتخاب شامل سابقه علمی و پژوهشی، تجربه حرفه‌ای مرتبط، تحصیلات تخصصی و میزان آشنایی با موضوع آموزش انرژی در نظام آموزشی بود. استفاده از معیارهای از پیش تعیین‌شده برای انتخاب خبرگان موجب افزایش شفافیت فرآیند پژوهش، کاهش سوگیری و ارتقای اعتبار نتایج دلفی می‌شود نیدربرگر و اشپرنگر، (۲۰۲۰)[3]؛ کرمرز و همکاران، (۲۰۲۱)[4]. همچنین، مطالعات روش‌شناختی تأکید کرده‌اند که ترکیب مناسب پنل خبرگان از نظر سطح تخصص، تنوع دیدگاه‌ها و ارتباط مستقیم با موضوع پژوهش، نقش اساسی در دستیابی به اجماع معتبر دارد دوانی و هنچین، (۲۰۱۸)[5]؛ هوهمان و همکاران،(۲۰۱۸)[6]

۱/۵شناسایی تخصص‌های مرتبط

حوزه‌های تخصصی مورد نیاز برای انجام پژوهش در زمینه آموزش انرژی باید به‌گونه‌ای تعیین شوند که ابعاد مختلف موضوع، از دانش محتوایی انرژی تا جنبه‌های آموزشی و سیاست‌گذاری را پوشش دهند. ازاین‌رو، انتخاب خبرگان این پژوهش بر اساس تخصص و تجربه در حوزه‌هایی مانند آموزش انرژی، توسعه و طراحی برنامه درسی، پداگوژی (روش‌های تدریس)، آموزش علوم و پایداری محیط‌زیست انجام می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که مسائل پیچیده‌ای مانند آموزش انرژی و آموزش برای توسعه پایدار، نیازمند بهره‌گیری از دیدگاه‌های میان‌رشته‌ای متخصصانی است که علاوه بر دانش موضوعی، با

1 Lee et al
2 Mochizuki and Bryan
3 Niederberger and Springer
4 Kremer et al
5 DeVani and Henchen
6 Hohenmann et al

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

فرآیندهای یاددهی ـ یادگیری و طراحی آموزشی نیز آشنایی داشته باشند دی‌واترز و پاورز، (۲۰۱۱)[1]؛ موچیزوکی و برایان، (۲۰۱۵)[2]همچنین، در مطالعات مبتنی بر روش دلفی تأکید شده است که ترکیب خبرگان از حوزه‌های مرتبط و انتخاب افراد دارای تجربه تخصصی، موجب افزایش اعتبار اجماع حاصل و بهبود کیفیت تصمیم‌گیری پژوهش می‌شود نیدربرگر و اشپرنگر، (۲۰۲۰)[3]؛ دوانی و هنچین، (۲۰۱۸)[4]

۱/۱/۵معیارهای انتخاب

در انتخاب گروه خبرگان، توجه به معیارهایی مانند تجربه تخصصی، دانش علمی و اعتبار حرفه‌ای افراد ضروری است. تجربه عملی و پژوهشی در حوزه مورد مطالعه، یکی از مهم‌ترین معیارهای تشخیص صلاحیت خبرگان محسوب می‌شود؛ زیرا افرادی که سابقه فعالیت آموزشی، پژوهشی یا اجرایی مرتبط دارند، توانایی بیشتری برای ارائه قضاوت‌های معتبر و مبتنی بر دانش تخصصی خواهند داشت. همچنین، برخورداری از دانش عمیق درباره مفاهیم انرژی، نظام‌های آموزشی و کاربردهای آن در محیطهای یادگیری، از الزامات حضور در پنل خبرگان است. علاوه بر این، اعتبار حرفه‌ای افراد، شامل داشتن سوابق علمی منتشرشده، مشارکت در پروژه‌های تخصصی یا عضویت در نهادهای علمی و حرفه‌ای مرتبط، می‌تواند به افزایش کیفیت فرآیند اجماع‌سازی در روش دلفی کمک کند. مطالعات روش‌شناختی تأکید کرده‌اند که انتخاب خبرگان باید بر اساس شاخص‌های مشخصی مانند تجربه، تخصص، دانش موضوعی و میزان مشارکت حرفه‌ای انجام شود تا اعتبار و قابلیت اعتماد یافته‌های حاصل از دلفی افزایش یابد دوانی و هنچین، (۲۰۱۸) ؛ نیدربرگر و اشپرنگر،(۲۰۲۰) همچنین، در پژوهش‌های مرتبط با آموزش انرژی، استفاده از متخصصانی با دانش میان‌رشته‌ای در حوزه انرژی، آموزش و پایداری برای دستیابی به ارزیابی جامع‌تر ضروری دانسته شده است دی‌واترز و پاورز، (۲۰۱۱)

۲/۱/۵نمایندگی متنوع

یک گروه گزیده و متنوع با دقت انتخاب شد تا دامنه‌ای گسترده و چندلایه از دیدگاه‌ها درباره آموزش انرژی را دربر بگیرد. در پژوهش‌های مبتنی بر روش دلفی، تنوع تخصصی و تجربی اعضای پنل خبرگان اهمیت زیادی دارد؛ زیرا حضور افراد با پیشینه‌های مختلف می‌تواند به شناسایی ابعاد گوناگون مسئله و دستیابی به اجماع جامع‌تر کمک کند. ازاین‌رو، گروه خبرگان این پژوهش شامل متخصصان حوزه آموزش انرژی، مربیان مقاطع ابتدایی و متوسطه، متخصصان برنامه‌ریزی درسی و پژوهشگران آموزش علوم انتخاب شد تا دیدگاه‌های مختلف درباره محتوا، روش‌های تدریس و چالش‌های اجرای آموزش انرژی پوشش داده شود نیدربرگر و اسپرنگر،(۲۰۲۰)[5]؛ هوهمان و همکاران،(۲۰۱۸)[6].همچنین، مطالعات

1 DeWaters and Powers
2 Mochizuki and Bryan
3 Niederberger and Springe
4 DeVani and Henchen
5 Niederberger and Springer
6 Hohenmann et al

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

حوزه سواد انرژی نشان داده‌اند که مشارکت معلمان و متخصصان آموزشی در ارزیابی و توسعه برنامه‌های آموزش انرژی، نقش مهمی در اطمینان از تناسب محتوای آموزشی با نیازهای یادگیرندگان و اهداف توسعه پایدار دارد دی‌واترز و پاورز،(۲۰۱۱)[1]؛ لی و همکاران، (۲۰۱۵)[2]

۳.۱.۵ فرایند جذب

دعوت‌نامه‌های رسمی باید برای کارشناسان بالقوه ارسال شود و در آن‌ها اهداف پژوهش، فرایند مطالعه و ماهیت مشارکت مورد انتظار به‌روشنی بیان گردد هال و همکاران، (۲۰۱۸)[3]. علاوه بر این، می‌توان از شبکه‌های دانشگاهی، انجمن‌های تخصصی و ارتباطات حرفه‌ای برای شناسایی و دعوت از افراد دارای تخصص مرتبط استفاده کرد (هال و همکاران، (۲۰۱۸). همچنین، توصیه‌های همکاران و معرفی افراد از طریق خبرگان اولیه می‌تواند به تکمیل فهرست کارشناسان بالقوه کمک کند؛ بااین‌حال، لازم است احتمال سوگیری و همگونی دیدگاه‌ها در شبکه‌های نزدیک مورد توجه قرار گیرد بایدربک و همکاران، (۲۰۲۱)[4].

۴/۱/۵اندازه گروه

اندازه گروه خبرگان در مطالعات دلفی با توجه به اهداف پژوهش، ویژگی‌ها و تنوع تخصصی اعضا و امکان حفظ مشارکت آنان در دورهای متوالی تعیین می‌شود و اندازه بهینه واحدی برای تمامی مطالعات وجود ندارد اکینز و همکاران، (۲۰۰۵)[5]؛ مانیارا و همکاران، (۲۰۲۴)[6]. در پژوهش حاضر، هیئتی متشکل از ۲۰ متخصص واجد شرایط به‌صورت هدفمند انتخاب شده است تا زمینه گردآوری نظام‌مند دیدگاه‌های تخصصی و ارائه بازخوردهای سازنده در فرایند دلفی فراهم شود.

۲/۵ روش دلفی فازی

روش دلفی فازی (Fuzzy Delphi Method) رویکردی برای گردآوری و تجمیع قضاوت‌های خبرگان است که اصول روش دلفی را با مفاهیم مجموعه‌های فازی ترکیب می‌کند. این رویکرد امکان بازنمایی ابهام موجود در ارزیابی‌های زبانی متخصصان را فراهم می‌سازد؛ به‌گونه‌ای که قضاوت‌ها صرفاً به یک مقدار عددی قطعی محدود نمی‌شوند، بلکه با استفاده از اعداد فازی بیان و تحلیل می‌گردند ایشیکاوا و همکاران، (۱۹۹۳)[7].

در یکی از صورت‌های رایج اجرای این روش، خبرگان مؤلفه‌های مورد بررسی را با استفاده از یک مقیاس زبانی ارزیابی می‌کنند و پاسخ‌های آنان به اعداد فازی مثلثی تبدیل می‌شود. هر

1 DeWaters and Powers
2 Lee et al
3 Hall et al
4 Biedermann et al
5 Eakins et al
6 Maniara et al
7 Ishikawa et al

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

عدد فازی مثلثی به‌صورت ((l,m,u)) نمایش داده می‌شود که به‌ترتیب بیانگر حد پایین، مقدار مرکزی و حد بالای ارزیابی است. سپس، ارزیابی‌های فردی تجمیع و میزان توافق خبرگان بررسی می‌شود. در مرحله غیرفازی‌سازی، مقدار فازی تجمیع‌شده به امتیازی قطعی تبدیل می‌گردد تا مقایسه و اولویت‌بندی مؤلفه‌ها امکان‌پذیر شود. تصمیم درباره حفظ یا حذف هر مؤلفه بر اساس معیارهای پذیرش تعیین‌شده در طرح پژوهش صورت می‌گیرد احمد بسری و همکاران، (۲۰۲۴)[1].

۱/۲/۵شرایط استفاده از روش دلفی

روش دلفی رویکردی ساختاریافته برای گردآوری و تلفیق قضاوت‌های خبرگان است که، متناسب با هدف پژوهش، برای بررسی مسائل پیچیده، پیش‌بینی تحولات آینده یا شناسایی زمینه‌های توافق و اختلاف‌نظر به کار می‌رود. کاربرد مناسب و اجرای موفق این روش مستلزم توجه به شرایط و ملاحظات زیر است نیدربرگر و اشپرانگر، (۲۰۲۰)[2].

۱. وجود پیچیدگی و عدم‌قطعیت: روش دلفی برای بررسی مسائلی مناسب است که دانش موجود درباره آن‌ها ناقص یا همراه با عدم‌قطعیت باشد. در چنین موقعیت‌هایی، گردآوری نظام‌مند دیدگاه‌های خبرگان می‌تواند به روشن‌شدن ابعاد مسئله و تدوین قضاوت‌های جمعی آگاهانه کمک کند نیدربرگر و اشپرانگر، (۲۰۲۰).

۲. دسترسی به خبرگان واجد صلاحیت و متعهد: کیفیت نتایج دلفی به انتخاب مشارکت‌کنندگانی وابسته است که دانش و تجربه مرتبط با موضوع پژوهش داشته باشند و برای پاسخ‌گویی در دورهای متوالی و بازنگری قضاوت‌های خود آمادگی نشان دهند. بنابراین، معیارهای انتخاب خبرگان باید متناسب با مسئله پژوهش تعیین شوند هسو و ساندفورد،(۲۰۰۷)[3].

۳. ناکافی‌بودن شواهد موجود برای پاسخ‌گویی به مسئله: هنگامی که داده‌ها یا یافته‌های پژوهشی برای پاسخ‌گویی به پرسش موردنظر کافی نباشند، دلفی می‌تواند با تلفیق دانش تخصصی، تجربه و شواهد در دسترس، مبنایی برای تصمیم‌سازی فراهم کند. بااین‌حال، اعتبار قضاوت‌های حاصل به کیفیت اطلاعات و تخصص اعضای هیئت وابسته است نیدربرگر و اشپرانگر، (۲۰۲۰)[4]؛ یونگر و همکاران، (۲۰۱۷)[5].

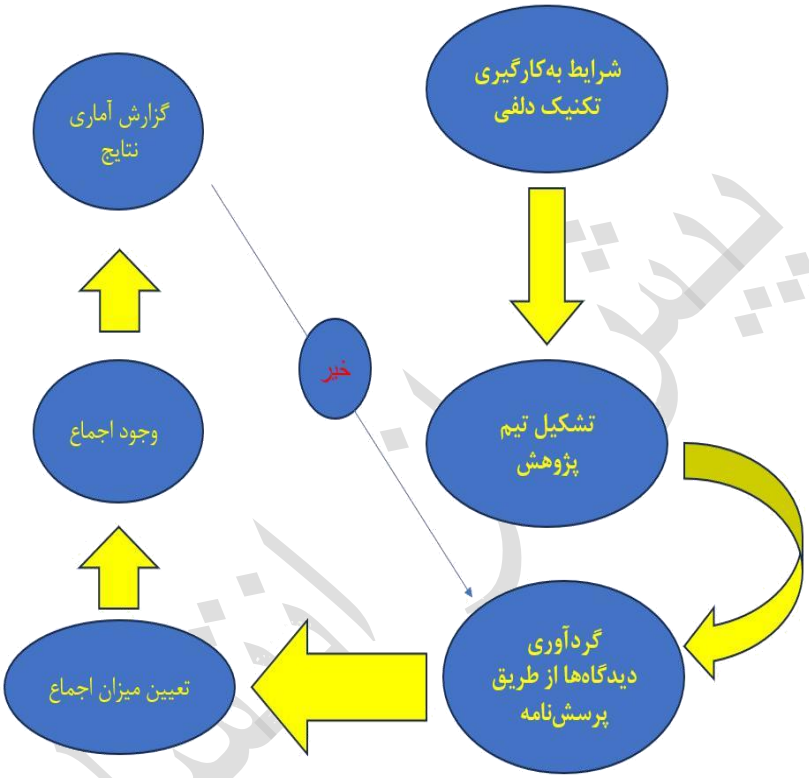
۴. نیاز به بررسی توافق و اختلاف‌نظر: در مطالعات دلفی با هدف اجماع، بازخورد کنترل‌شده و فرصت بازنگری پاسخ‌ها می‌تواند به همگرایی دیدگاه‌ها کمک کند. بااین‌حال، دستیابی به اجماع تضمین‌شده نیست و توافق خبرگان نیز لزوماً به معنای درستی قضاوت نهایی نیست. معیار اجماع و نحوه برخورد با موارد فاقد توافق باید، تا حد امکان، پیش از آغاز دورها مشخص شود یونگر و همکاران، (۲۰۱۷).

۵. فراهم‌بودن زمان و امکانات کافی برای اجرای دورها: اجرای موفق دلفی مستلزم برنامه‌ریزی برای طراحی پرسش‌نامه‌ها، پیگیری مشارکت خبرگان، تحلیل پاسخ‌ها و ارائه

1 Ahmad Basri et al
2 Niederberger and Spranger
3 Hsu and Sandford
4 Niederberger and Spranger
5 Yunger et al

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

بازخورد میان دورهاست. بنابراین، محدودیت شدید زمان و منابع می‌تواند مانع اجرای مناسب آن شود و نباید به‌خودی‌خود مزیتی برای انتخاب این روش تلقی گردد هسو و ساندفورد، (۲۰۰۷)[1].



شکل ۱: شرایط به‌کارگیری روش دلفی

منبع:یافته های تحقیق

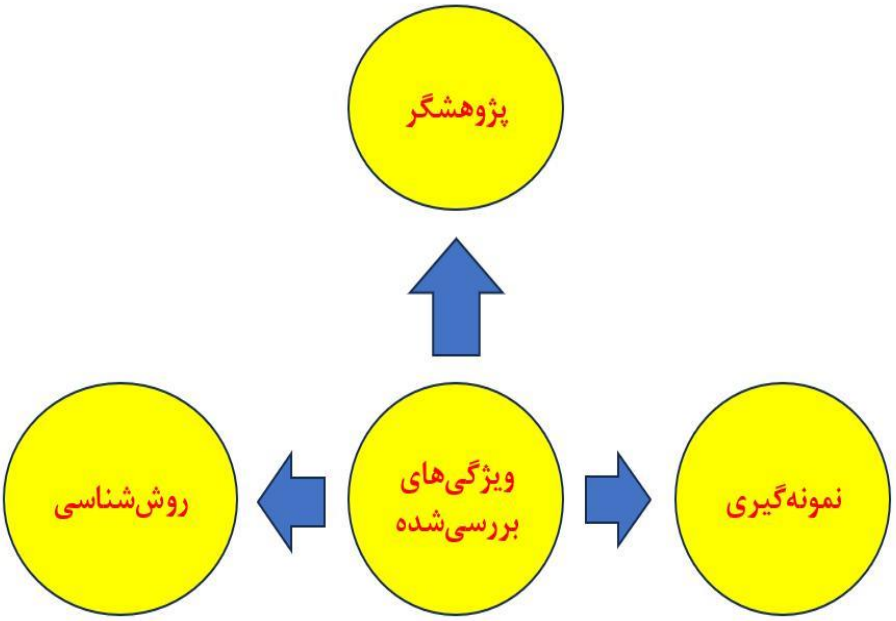
۳/۵ روایی و پایایی

روایی تضمین می‌کند که پرسش‌نامه دقیقاً همان سازه‌ای را اندازه‌گیری کند که قصد سنجش آن وجود دارد؛ در حالی که پایایی بیانگر آن است که پرسش‌نامه در طول زمان نتایج یکسان و باثباتی تولید می‌کند

هر دو اصل برای حفظ صحت و قابلیت اعتماد داده‌های گردآوری‌شده ضروری‌اند و اطمینان می‌دهند که یافته‌ها به‌درستی پدیده مورد مطالعه را بازنمایی می‌کنند.

1 Hsu and Sandford

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]



شکل ۲: ویژگی‌های بررسی‌شده

منبع:یافته های تحقیق

۱,۳,۵ طراحی پرسشنامه اول

تجربه حرفه‌ای: در انتخاب خبرگان، باید افرادی در اولویت قرار گیرند که از سابقه کاری و تجربه عملی قابل‌توجهی در حوزه آموزش انرژی یا زمینه‌های مرتبط برخوردار باشند. این افراد می‌توانند شامل معلمان، طراحان برنامه‌های درسی، سیاست‌گذاران آموزشی و پژوهشگران باشند. برخورداری از تجربه مرتبط و مشارکت در فعالیت‌های تخصصی از معیارهای مهم شناسایی خبرگان واجد شرایط در مطالعات دلفی به شمار می‌رود اوکولی و پاولوسکی،(۲۰۰۴)[1]؛ نیدربرگر و اشپرانگر، (۲۰۲۰)[2].

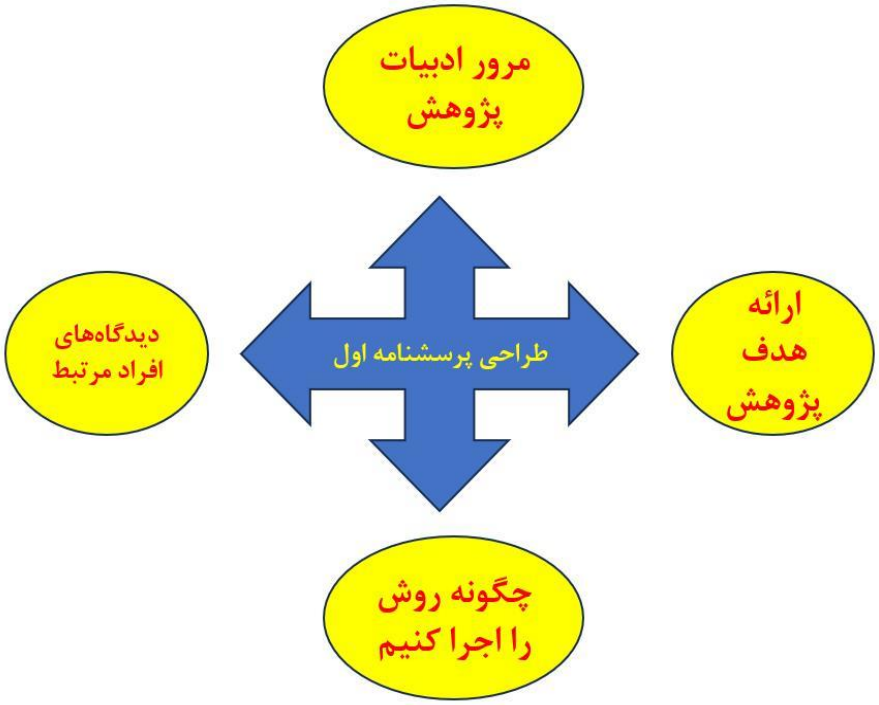
دانش تخصصی: خبرگان باید از دانش علمی و درک عمیقی از مفاهیم انرژی، سواد انرژی و کاربردهای آن در محیطهای آموزشی برخوردار باشند تا بتوانند دیدگاه‌هایی معتبر و متناسب با اهداف پژوهش ارائه دهند. استفاده از متخصصان حوزه‌های آموزش، پایداری، تغییر اقلیم و مهندسی در مطالعات مبتنی بر روش دلفی نیز مؤید اهمیت دانش تخصصی و میان‌رشته‌ای در ارزیابی موضوعات آموزش انرژی است کاستنیدا-گارزا و همکاران، (۲۰۲۵)[3].

1 Okoli and Pawlowski
2 Niederberger and Spranger
3 Garza et al

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

اعتبار علمی و حرفه‌ای: در انتخاب اعضای پنل خبرگان، علاوه بر دانش و تجربه، باید به شاخص‌هایی نظیر سوابق پژوهشی، انتشار مقالات علمی، وابستگی به دانشگاه‌ها و مؤسسات معتبر، عضویت در انجمن‌های تخصصی و معرفی از سوی سایر متخصصان توجه شود. این شاخص‌ها می‌توانند مبنایی برای شناسایی افراد دارای صلاحیت علمی و حرفه‌ای مناسب فراهم کنند اوکولی و پاولوسکی،(۲۰۰۴)[1]؛ نیدربرگر و اشپرانگر، (۲۰۲۰)[2].

۲,۳,۵ مراحل اجرای دور اول پرسشنامه



شکل ۳: طراحی و توزیع پرسشنامه دور اول

منبع:یافته های تحقیق

در این پژوهش، امکان سنجی و طراحی برنامه‌های آموزشی اقتصاد انرژی در مدارس ابتدایی و متوسطه با استفاده از روش دلفی فازی مورد ارزیابی قرار گرفت. مرحله اولیه این فرایند شامل گام‌های زیر بود:

1 Okoli and Pawlowski
2 Niederberger and Spranger

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

هدف‌های اصلی این پژوهش شناسایی نیازها و اولویت‌ها برای ادغام اقتصاد انرژی در برنامه‌های درسی مدارس ابتدایی و متوسطه بود. بر اساس این اهداف، پرسشنامه‌ای با دقت طراحی شد تا دیدگاه‌های خبرگان درباره ضرورت این موضوع، محتوای مناسب آن و روش‌های مؤثر تدریس گردآوری شود.

برای اطمینان از پایایی و روایی داده‌های گردآوری‌شده، هیئتی از خبرگان با دقت انتخاب شدند که شامل متخصصانی در حوزه‌های آموزش، اقتصاد انرژی و برنامه‌ریزی درسی بودند. تخصص و تجربه آنان در این حوزه امکان ارائه دیدگاه‌های ارزشمند و آگاهانه درباره موضوع را فراهم ساخت.

پرسشنامه اولیه با استفاده از ترکیبی از پرسش‌های باز و بسته طراحی شد تا ارزیابی جامعی از دیدگاه‌های خبرگان فراهم شود. پرسش‌های بسته بر اساس مقیاس لیکرت تنظیم شدند تا میزان توافق خبرگان درباره جنبه‌های مختلف موضوع سنجیده شود. افزون بر این، پرسش‌های باز نیز برای دریافت دیدگاه‌ها و پیشنهادهای تخصصی در پرسشنامه گنجانده شد. این پرسشنامه موضوعات کلیدی، از جمله ضرورت آموزش اقتصاد انرژی، سطوح آموزشی مناسب، محتوای مرتبط، و چالش‌های احتمالی در اجرای چنین برنامه‌هایی را دربر می‌گرفت.

پس از نهایی‌سازی پرسشنامه، آن به خبرگان منتخب ارسال شد و برای دریافت بازخورد به‌موقع، یک بازه زمانی مشخص برای پاسخ‌دهی تعیین گردید. همچنین کانال‌های ارتباطی لازم در دسترس قرار گرفت تا هرگونه ابهام یا سؤال احتمالی برطرف شود. با پایان یافتن دوره پاسخ‌دهی، داده‌های گردآوری‌شده جمع‌آوری و برای تحلیل آماده شد.

در این مرحله، پاسخ‌ها مورد تحلیل قرار گرفتند تا الگوها، شباهت‌ها و تفاوت‌های دیدگاه‌های خبرگان شناسایی شود. این تحلیل، بینش‌های ارزشمندی درباره اولویت‌های اصلی و زمینه‌های اولیه توافق فراهم ساخت و مبنایی برای اصلاح و بهبود پرسشنامه در دورهای بعدی شد.

در نهایت، تمامی داده‌ها و تحلیل‌های حاصل از دور اول به‌صورت نظام‌مند مستندسازی شد تا به‌عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری و راهنمایی مراحل بعدی فرایند دلفی فازی مورد استفاده قرار گیرد.

۱. نظر شما درباره وضعیت فعلی آموزش اقتصاد انرژی در مدارس ابتدایی چیست؟
۲. به نظر شما اقتصاد انرژی چگونه می‌تواند در برنامه درسی موجود ادغام شود؟
۳. چه چالش‌هایی را در آموزش اقتصاد انرژی در مقطع متوسطه پیش‌بینی می‌کنید؟
٤. به نظر شما چه منابعی برای آموزش مؤثر اقتصاد انرژی لازم است؟

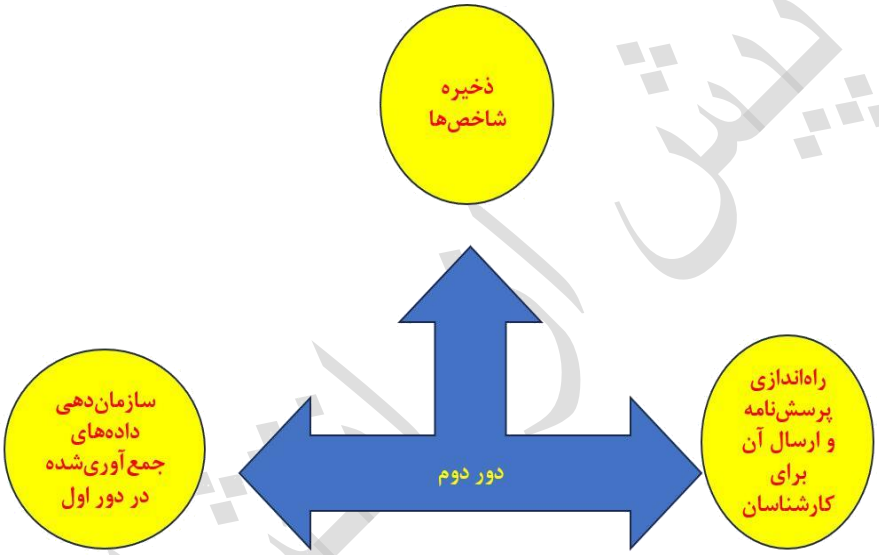
پرسش‌های فوق به‌صورت پرسش‌های باز از خبرگان مطرح شد و منجر به تدوین پرسش‌های بسته در دور دوم گردید

۳,۳,۵ طراحی و پرسشنامه دور دوم

دور دوم نظرسنجی یا مصاحبه با هدف بررسی عمیق‌تر موضوعات شناسایی‌شده در دور نخست، شفاف‌سازی پاسخ‌های مبهم، بازنگری در دیدگاه‌های اولیه و ارزیابی میزان توافق میان خبرگان انجام می‌شود. در این مرحله، نتایج و دیدگاه‌های گردآوری‌شده در دور اول پس از تحلیل و جمع‌بندی، در قالب بازخوردی ساختاریافته در اختیار شرکت‌کنندگان قرار می‌گیرد

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

تا آنان بتوانند ضمن بررسی نظرات سایر خبرگان، پاسخ‌های پیشین خود را بازبینی کرده و توضیحات دقیق‌تری ارائه دهند کینی و همکاران، (۲۰۰۶)[1]؛ نیدربرگر و اشپرانگر، (۲۰۲۰)[2]. همچنین، استفاده از داده‌های کیفی و کمی در چارچوب رویکردهای ترکیبی دلفی می‌تواند به تبیین بهتر موضوعات، اصلاح و تکمیل گویه‌ها و ارزیابی میزان همگرایی دیدگاه‌های خبرگان کمک کند یونگر و همکاران، (۲۰۱۷)[3]؛ جیکوبز و همکاران، (۲۰۲۳)[4]. بدین‌ترتیب، دور دوم فرصتی برای تعمیق شناخت موضوع، رفع ابهام‌های موجود و دستیابی به ارزیابی منسجم‌تر از دیدگاه‌های تخصصی فراهم می‌آورد.



شکل ٤: طراحی و توزیع پرسشنامه دور دوم

منبع:یافته های تحقیق

در این مطالعه، ۲۷ مؤلفه متمایز مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان می‌دهد که برداشت کارشناسان از اهمیت آموزش اقتصاد انرژی در سطوح مختلف، تفاوت قابل‌توجهی دارد. مؤلفه‌هایی مانند «آشنایی با منابع انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر»، «اهمیت حفظ و بهینه‌سازی منابع انرژی»، و «نقش انرژی در توسعه پایدار» بالاترین امتیازها را دریافت کرده‌اند که بیانگر اجماع گسترده بر اهمیت این موضوعات است.

1 Kinney et al
2 Niederberger and Spranger
3 Yunger et al
4 Jacobs et al

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

جدول۱: ارزیابی میزان اهمیت مؤلفه‌های آموزش انرژی از دیدگاه خبرگان

مؤلفه	کاملاً بی اهمیت	خیلی بی اهمیت	بی اهمیت	متوسط	مهم	خیلی مهم	کاملاً مهم	تعداد خبرگان
آشنایی با منابع انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر			۲	۸	۱۰	۱۲	۱۸	۵۰
اهمیت حفظ و بهینه‌سازی مصرف منابع انرژی			۱	۵	٦	۱۹	۱۹	۵۰
مفاهیم پایه ی‌اقتصادِ انرژی	۱		٤	۱۱	٦	۱۱	۱۷	۵۰
پیامدهای زیست‌محیطی مصرف انرژی	۰		۲	۵	٦	۱۲	۲۵	۵۰
نقش انرژی در توسعه پایدار			۱	۹	۵	۲۰	۱۵	۵۰
مفاهیم هزینه و فایده در مصرف انرژی	۱		۳	۸	٦	۱۲	۲۰	۵۰
روش های آموزشی برای کاهش مصرف انرژی در خانه و مدرسه	۱۰	۱	۱	۹	۵	۱۰	۱۳	۵۰
مقدمه‌ای بر فناوری‌های مدرن در حوزه‌ی انرژی	۱	۱	۳	۵	۱۱	۱٦	۱۳	۵۰
نقش دولت در سیاست‌های انرژی	۲		۳	۱۱	۷	۱۲	۱۵	۵۰
اقتصاد انرژی در ایران و مقایسه با کشورهای دیگر	۱	۲	۲	۱۳	۷	۱۲	۱۳	۵۰
نقش انرژی در اقتصاد جهانی	۱	۳	۳	۸	۸	۱۳	۱٤	۵۰

منبع:یافته های تحقیق

رابطه میان جدول ۲۷ مؤلفه و مقادیر فازی سؤالات، ماهیت پیچیده و چندبعدی ارزیابی این مؤلفه‌ها را نشان می‌دهد و در قالب یک تحلیل دقیق، عوامل مختلف مرتبط با آموزش اقتصاد انرژی از جمله آشنایی با منابع انرژی تجدیدپذیر و اهمیت صرفه‌جویی انرژی را بررسی می‌کند . هر مؤلفه از طریق پرسشنامه (حد بالا) برای تحلیل میزان عدمقطعیت U (میانگین) و M، (حد پایین) L سنجیده شده و مقادیر فازی و تنوع در ارزیابی‌های کارشناسان به‌کار رفته است. به‌کارگیری منطق فازی موجب شده تصویر دقیق‌تر و واقع‌بینانه‌تری از اهمیت مؤلفه‌ها به‌دست آید و تفاوت دیدگاه‌های متخصصان نیز لحاظ شود. این رویکرد در نهایت به درك روشن‌تر اهمیت و اولویت هر جنبه از آموزش اقتصاد انرژی کمک کرده و بینشی عمیق‌تر درباره میزان ارتباط و جایگاه هر مؤلفه ارائه می‌کند.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

جدول ۲ : سؤالات ارزیابی فازی

L	M	U
3	5.574	7
3	5.895	7
1	5.164	7
3	5.922	7
3	5.657	7
1	5.415	7
1	5.473	7
1	5.216	7
1	5.003	7
1	4.920	7
1	4.941	7
1	4.637	7
2	4.788	7
1	5.019	7
1	5.469	7
1	5.520	7
2	5.676	7
1	5.379	7
1	4.998	7
1	5.027	7
1	5.220	7
1	5.337	7
1	5.337	7
1	5.044	7
1	4.799	7
1	4.799	7
2	4.990	7
4	5.192	7

منبع:یافته های تحقیق

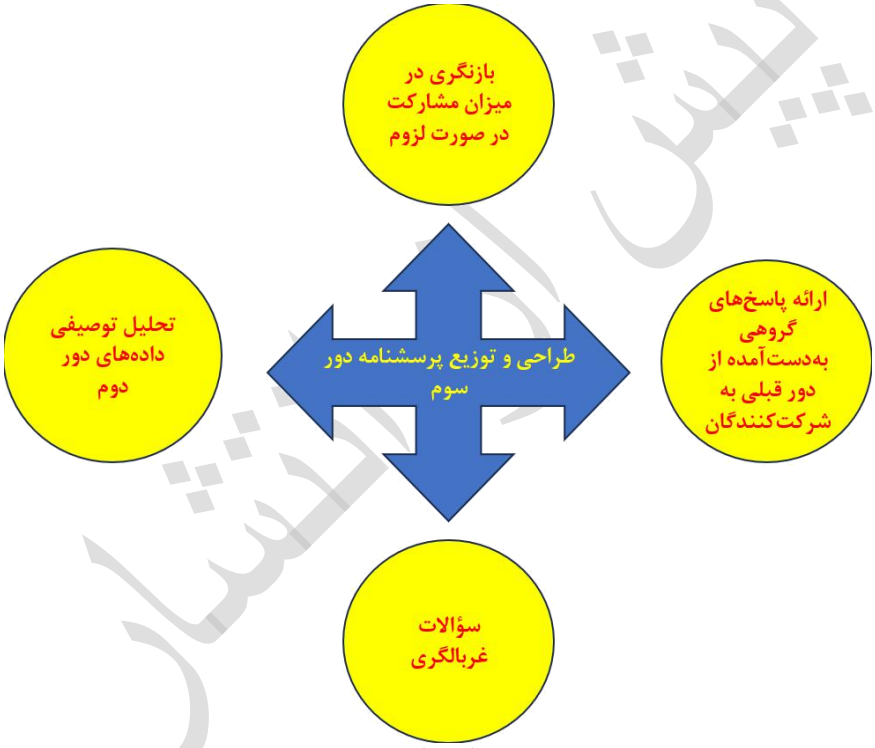
در تحلیل داده‌ها، رابطه میان مقادیر فازی پرسش‌ها و وضعیت شاخص‌ها نشان می‌دهد که پاسخ‌ها چگونه بر ارزیابی کلی تأثیر می‌گذارند. مقادیر فازی که به‌صورت اعداد تقریبی و غیرقطعی ارائه می‌شوند، امکان تمرکز بر ارزیابی‌های کیفی و نسبی را به‌جای اتکا بر اعداد کاملاً دقیق فراهم می‌کنند و با در نظر گرفتن نوسانات و عدم قطعیت‌های موجود، وضعیت شاخص‌ها را به‌طور واقعی‌تر منعکس می‌سازند. بدین‌ترتیب، وضعیت شاخص‌ها که بر پایه مقادیر فازی تبیین می‌شود، تصویری دقیق‌تر و منطبق‌تر با واقعیت‌های پیچیده و نامطمئن ارائه می‌دهد و تصمیم‌گیری را منطقی‌تر و واقع‌بینانه‌تر می‌کند.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

۳.۳.۵ طراحی و پرسشنامه دور سوم

دور سوم نظرسنجی/مصاحبه با هدف اصلاح و اعتبارسنجی یافته‌های دورهای پیشین، بررسی تحولات جدید و جمع‌آوری دیدگاه‌ها و توصیه‌های نهایی شرکت‌کنندگان انجام می‌شود. پرسشنامه‌ی این مرحله شامل بخش‌هایی برای تأیید نتایج قبلی، بررسی روندهای نوظهور و دریافت پیشنهادهاست تا در نهایت درکی جامع فراهم کرده و بینش‌های قابل‌اقدامی ارائه دهد.

شکل ۵: طراحی و توزیع پرسشنامه دور سوم



منبع:یافته های تحقیق

برای تحلیل داده‌های پرسشنامه، نخستین گام، جمع‌آوری، ورود و پاک‌سازی داده‌ها به‌منظور شناسایی و اصلاح خطاها، بررسی داده‌های گمشده و اطمینان از کیفیت اطلاعات است ون دن بروک و همکاران، (۲۰۰۵)[1]. در مرحله بعد، با استفاده از آمار توصیفی و روش‌های تحلیل کمی، ویژگی‌های داده‌ها، توزیع پاسخ‌ها و الگوهای موجود شناسایی و بررسی می‌شوند

1 Brook et al

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

سالیوان و آرتینو، (۲۰۱۳)[1]؛ میشرا و همکاران،(۲۰۱۹)[2]. همچنین، در صورت وجود داده‌های کیفی، استفاده از روش‌هایی مانند تحلیل مضمون می‌تواند به شناسایی و تفسیر الگوهای مفهومی در پاسخ‌های شرکت‌کنندگان کمک کند براون و کلارک، (۲۰۰۶)[3]. در نهایت، یافته‌های حاصل از تحلیل‌های کمی و کیفی تفسیر شده و در صورت به‌کارگیری رویکرد آمیخته، با یکدیگر تلفیق می‌شوند تا نتایج پژوهش به‌صورت نظام‌مند و مستند در قالب گزارش علمی ارائه شوند فترز و همکاران، (۲۰۱۳)[4].

۶.عدد فازی و عدد فازی مثلثی

منطق فازی، گسترشی از منطق دودویی کلاسیک است که با در نظر گرفتن درجات صدق و عضویت در بازه صفر تا یک، امکان مدل‌سازی ابهام و مفاهیم دارای مرزهای نامشخص را فراهم می‌کند زاده، (۱۹۶۵)[5]؛ مندل، (۱۹۹۵)[6]. در این منطق، از مجموعه‌های فازی و توابع عضویت برای نمایش درجات تعلق عناصر به مجموعه‌ها استفاده می‌شود؛ به‌گونه‌ای که برخلاف منطق کلاسیک، عضویت صرفاً به دو حالت تعلق یا عدم تعلق محدود نمی‌شود زاده، (۱۹۶۵). از اجزای اصلی سیستم‌های مبتنی بر منطق فازی می‌توان به قواعد فازی، سازوکارهای استنتاج و فرایند فازی‌زدایی اشاره کرد که در آن، خروجی فازی به یک مقدار قطعی تبدیل می‌شود ممدانی و آسیلیان، (۱۹۷۵)[7]؛ لی، (۱۹۹۰)[8]. منطق فازی به دلیل قابلیت مدل‌سازی دانش زبانی و بهره‌گیری از قواعد مبتنی بر استدلال انسانی، در زمینه‌هایی مانند سیستم‌های کنترلی، مدل‌سازی، تصمیم‌گیری و تشخیص الگو کاربرد دارد مندل، (۱۹۹۵) ؛ جنگ، (۱۹۹۳)[9]. بااین‌حال، طراحی قواعد، تعیین توابع عضویت و تنظیم پارامترهای سیستم‌های فازی می‌تواند پیچیده باشد. همچنین، فرایند فازی‌زدایی ممکن است با کاهش اطلاعات مربوط به درجات عضویت و ابهام موجود در خروجی فازی همراه شود ون لیکویک و کره، (۱۹۹۹)[10]؛ لالا و همکاران، (۲۰۰۸)[11].

عدد فازی، مجموعه‌ای فازی تعریف‌شده بر مجموعه اعداد حقیقی است که درجه عضویت هر عضو آن به‌وسیله تابع عضویت μدر بازه صفر تا یک مشخص می‌شود. در تعریف متعارف، عدد فازی باید نرمال و محدب باشد و تابع عضویت آن از بالا نیمه‌پیوسته بوده و بستار تکیه‌گاه آن فشرده (بسته و کراندار) باشد دوبوا و پراد، (۱۹۷۸)[12].

1 Sullivan and Artino
2 Misra et al
3 Braun and Clarke
4 Fetters et al
5 Zadeh
6 Mendel
7 Mamdani and Assilian
8 Li
9 Jung
10 Van Leeuwen and Kerr
11 Lala et al
12 Dubois and Prade

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

نرمال‌بودن: مجموعه فازی زمانی نرمال است که حداقل یک عدد حقیقی با درجه عضویت برابر با یک داشته باشد؛ یعنی:

$$\exists\, x_0 \in \mathbb{R} : \mu_{\tilde{A}}(x_0) = 1$$

تحدب: یک مجموعه فازی زمانی محدب است که برای هر دو عضو حقیقی و هر ضریب ترکیب محدب، درجه عضویت ترکیب آن‌ها حداقل برابر با کمترین درجه عضویت آن دو عضو باشد؛ به‌صورت ریاضی

$$\mu_{\tilde{A}}(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min\{\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)\}$$

$$x_1, x_2 \in \mathbb{R} \ , \ 0 \leq \lambda \leq 1$$

در این روابط، μ تابع عضویت عدد فازی و λ ضریب ترکیب محدب است. همچنین، از بالا نیمه‌پیوسته بودن تابع عضویت و فشرده بودن بستار تکیه‌گاه، همراه با شروط نرمال‌بودن و تحدب، نتیجه می‌شود که برش‌های آلفای مثبت، بازه‌هایی غیرتهی، بسته و کراندار هستند.

۱٫۶ عدد فازی مثلثی (Triangular Fuzzy Number):

عدد فازی مثلثی از متداول‌ترین شکل‌های نمایش عدم‌قطعیت در قضاوت‌های خبرگان و مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره است. این عدد با سه پارامتر L، M و U نشان داده می‌شود و تابع عضویت آن در دو سوی مقدار مرکزی به‌صورت خطی تغییر می‌کند (ون لارهوون و پدریچ، ۱۹۸۳). برای حالت مثلثی غیروابسته به حالت‌های حدی، داریم:

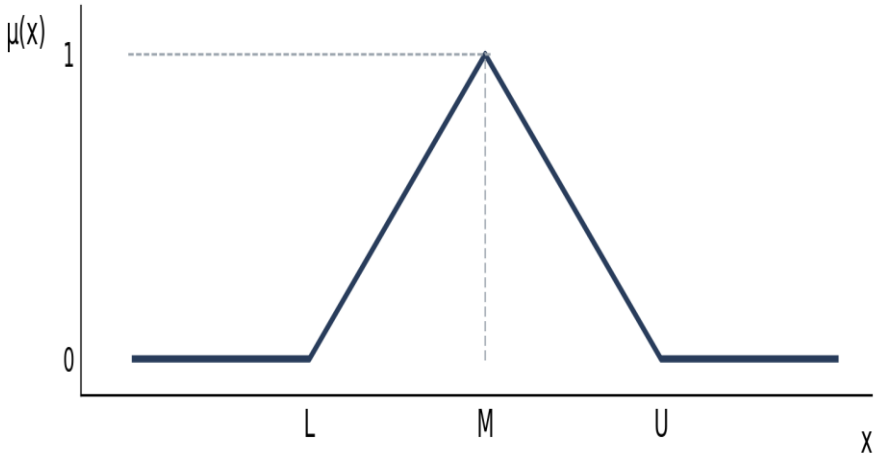
$$\tilde{A} = (L, M, U) \ , \ L < M < U$$

در این نمایش، L کران پایین (Lower Bound)، M مقدار مُد (Modal Value) یا مقدار دارای بیشترین درجه عضویت و U کران بالا (Upper Bound) است. بنابراین، پارامتر M الزاماً به معنای میانگین آماری (Mean) نیست. تابع عضویت عدد فازی مثلثی به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq L \\ \dfrac{x - L}{M - L} & L < x \leq M \\ \dfrac{U - x}{U - M} & M < x < U \\ 0 & x \geq U \end{cases}$$

بر اساس این تابع، درجه عضویت در نقطه M برابر با یک و در نقاط L و U برابر با صفر است. همچنین، درجه عضویت در بازه (L, M) افزایش و در بازه (M, U) کاهش می‌یابد. شکل زیر ساختار تابع عضویت عدد فازی مثلثی را نشان می‌دهد.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]



شکل۶:نمایش تابع عضویت عدد فازی مثلثی

منبع: نویسنده

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

منابع

۱. احمدی، مهدی، و نادری، علی (۱۳۹۸) *اصول آموزش پایدار: از نظریه تا عمل* . ۱.تهران: انتشارات علم و صنعت

۲. غفاری، گ. (۱۳۹۷). آموزش و تربیت در ایران. تهران: انتشارات سمت

۳. حسینی، س. م. ر. (۱۳۹۹). نظام آموزشی جمهوری اسلامی ایران: تحولات و چالش‌ها. فصلنامه پژوهش‌های آموزشی، ۱۶(۲)، ۵۵–۷۲.

۴. مهرمحمدی، محمود، و همکاران. (۱۳۹۴). بررسی و تحلیل ساختار نظام آموزشی جمهوری اسلامی ایران با تأکید بر سند تحول بنیادین آموزش و پرورش. فصلنامه نوآوری‌های آموزشی، ۱۴(۵۳)، ۷–

۵. وزارت آموزش و پرورش جمهوری اسلامی ایران. (۱۳۹۱). برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران. تهران: وزارت آموزش و پرورش

۶. احسان‌فر، محمدحسین، اثنی‌عشری امیری، ابوالقاسم، و مطیعی، رضا. (۱۳۹۶). رتبه‌بندی عوامل کلیدی مؤثر بر بکارگیری نظام آموزشی در ترویج آموزه‌های اقتصاد اسلامی در ایران. *اقتصاد و بانکداری اسلامی*، ۶(۱۸)، ۶۱–۸۲. https://mieaoi.ir/article-1-454-fa.html

۷. محمودی، پوریا، انواری، امیرحسین، و چهرقانی، احمد. (۱۴۰۵). بررسی تأثیر سیاست‌های مالیاتی بر سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای در حال توسعه: رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM). *اقتصاد و بانکداری اسلامی*، ۱۵(۵۶)، ۳۴۱–۳۶۲. https://mieaoi.ir/article-1-1937-fa.html

8. DeWaters, J., Qaqish, B., Graham, M., & Powers, S. (2013). Designing an energy literacy questionnaire for middle and high school youth. *The Journal of Environmental Education, 44*(1), 56–78.

9. Jennings, P. (2009). New directions in renewable energy education. *Renewable Energy, 34*(2), 435–439.

10. Zafar, M. W., Saleem, M. M., Destek, M. A., & Caglar, A. E. (2022). The dynamic linkage between remittances, export diversification, education, renewable energy consumption, economic growth, and CO_2 emissions in top remittance-receiving countries. *Sustainable Development, 30*(1), 165–175.

11. Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. (2016). *TIMSS 2015 Encyclopedia: Education Policy and Curriculum in Mathematics and Science*. Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center.

12. DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011). Improving energy literacy among middle school youth with project-based learning pedagogies. *Frontiers in Education Conference Proceedings*, 1–6.

13. Karpudewan, M., Ponniah, J., & Zain, A. N. M. (2016). Project-based learning: An approach to promote energy literacy among secondary school students. *The Asia-Pacific Education Researcher, 25*(2), 229–237.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

14. García-Ferrero, J., Merchán, R. P., Roco, J. M. M., Medina, A., & Santos, M. J. (2021). Towards a Sustainable Future through Renewable Energies at Secondary School: An Educational Proposal. Sustainability, 13(22), 12904. https://doi.org/10.3390/su132212904
15. Martínez-Borreguero, G., Maestre-Jiménez, J., Naranjo-Correa, F. L., & Mateos-Núñez, M. (2019). Analysis of the Concept of Energy in the Spanish Curriculum of Secondary Education and Baccalaureate: A Sustainable Perspective. *Sustainability*, *11*(9), 2528. https://doi.org/10.3390/su11092528
16. DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. *Energy Policy, 39*(3), 1699–1710. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.049
17. Ocetkiewicz, I., Tomaszewska, B., & Mróz, A. (2017). Renewable energy in education for sustainable development: The Polish experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80*, 92–101. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.144
18. UNESCO. (2020). Education for Sustainable Development: A Roadmap. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
19. DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. *Energy Policy, 39*(3), 1699–1710. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.049 ScienceDirect
20. Hoque, F., Yasin, R. M., & Sopian, K. (2022).Revisiting Education for Sustainable Development: Methods to Inspire Secondary School Students toward Renewable Energy. *Sustainability, 14*(14), 8296. https://doi.org/10.3390/su14148296 MDPI
21. Laurie, R., Nonoyama-Tarumi, Y., McKeown, R., & Hopkins, C. (2016). Contributions of education for sustainable development (ESD) to quality education: A synthesis of research. *Journal of Education for Sustainable Development, 10*(2), 226–242.https://doi.org/10.1177/0973408216661442
22. Ardoin, N. M., Bowers, A. W., & Gaillard, E. (2020).Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological Conservation, 241*, 108224. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224
23. DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. *Energy Policy, 39*(3), 1699–1710. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.049
24. Ardoin, N. M., & Bowers, A. W. (2020). Early childhood environmental education: A systematic review of the research literature. *Educational Research Review, 31*, 100353. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100353

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

25. Karpudewan, M., Ponniah, J., & Md Zain, A. N. (2016).Project-based learning: An approach to promote energy literacy among secondary school students. *The Asia-Pacific Education Researcher, 25*(2), 229–237. https://doi.org/10.1007/s40299-015-0256-z
26. Ardoin, N. M., Bowers, A. W., & Gaillard, E. (2020). Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological Conservation, 241*, 108224. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224
27. Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G., Tatsuta, R., & Mieno, H. (1993). The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration. *Fuzzy Sets and Systems, 55*(3), 241–253. https://doi.org/10.1016/0165-0114(93)90251-C
28. Hsu, Y. L., Lee, C. H., & Kreng, V. B. (2010). The application of fuzzy Delphi method and fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. *Expert Systems with Applications, 37*(1), 419–425. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.05.068
29. Kuo, Y. F., & Chen, P. C. (2008).Constructing performance appraisal indicators for mobility of the service industries using fuzzy Delphi method. *Expert Systems with Applications, 35*(4), 1930–1939. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.08.068
30. Chang, P. L., Hsu, C. W., & Chang, P. C. (2011). Fuzzy Delphi method for evaluating hydrogen production technologies. *International Journal of Hydrogen Energy, 36*(21), 14172–14179. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.05.045
31. Chen, C. W., Wang, J. H., Wang, J. C., & Shen, Z. H. (2018). Developing indicators for sustainable campuses in Taiwan using fuzzy Delphi method and analytic hierarchy process. *Journal of Cleaner Production, 193*, 661–671. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.082
32. Chua, C., Kosnin, A. M., & Yeo, K. J. (2024). Fuzzy Delphi method for A-level mathematics technological pedagogical and content knowledge module. *International Journal of Evaluation and Research in Education, 13*(1), 1–10.
33. DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. *Energy Policy, 39*(3), 1699–1710. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.049
34. Gladwin, D., & Ellis, N. (2023).Energy literacy: Towards a conceptual framework for energy transition. *Environmental Education Research, 29*(10), 1515–1529. https://doi.org/10.1080/13504622.2023.2175794
35. Cotton, D. R. E., Warren, M. F., Maiboroda, O., & Bailey, I. (2007). Sustainable development, higher education and pedagogy: A study of lecturers' beliefs and attitudes. *Environmental Education Research, 13*(5), 579–597. https://doi.org/10.1080/13504620701659052

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

36. Leve, A. K., Michel, H., & Harms, U. (2023). Implementing climate literacy in schools — what to teach our teachers? *Climatic Change, 176*, 134. https://doi.org/10.1007/s10584-023-03607-z
37. DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. *Energy Policy, 39*(3), 1699–1710. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.049
38. Lee, L. S., Lee, Y. F., Altschuld, J. W., & Pan, Y. J. (2015). Energy literacy: Evaluating knowledge, affect, and behavior of students in Taiwan. *Energy Policy, 76*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.10.012
39. Goldman, D., Yavetz, B., & Pe'er, S. (2017). Environmental literacy in teacher training: The effect of environmental education programs. *Environmental Education Research, 23*(1), 1–20. https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1111562
40. Leve, A. K., Michel, H., & Harms, U. (2023).Implementing climate literacy in schools—What to teach our teachers? *Climatic Change, 176*, 134. https://doi.org/10.1007/s10584-023-03607-z
41. Devaney, L., & Henchion, M. (2018). Who is a Delphi 'expert'? Reflections on a bioeconomy expert selection procedure from Ireland. *Futures, 99*, 45–55. https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.03.017
42. Hohmann, E., Brand, J. C., Rossi, M. J., & Lubowitz, J. H. (2018).Research pearls: Expert consensus based evidence using the Delphi method. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery, 34*(12), 3278–3282. https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.10.004
43. Kremers, S. P. J., Eijsvogels, T. M. H., & de Vries, N. K. (2021). Preparing, conducting, and analyzing Delphi surveys: Cross-disciplinary practices, new directions, and advancements. *MethodsX, 8*, 101401. https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101401
44. Niederberger, M., & Spranger, J. (2020).Delphi technique in health sciences: A map. *Frontiers in Public Health, 8*, 457. https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00457
45. DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. *Energy Policy, 39*(3), 1699–1710. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.049
46. Mochizuki, Y., & Bryan, A. (2015).Climate change education in the context of education for sustainable development: Rationale and principles. *Journal of Education for Sustainable Development, 9*(1), 4–26. https://doi.org/10.1177/0973408215569109
47. Niederberger, M., & Spranger, J. (2020). Delphi technique in health sciences: A map. *Frontiers in Public Health, 8*, 457. https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00457

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

48. Devaney, L., & Henchion, M. (2018). Who is a Delphi 'expert'? Reflections on a bioeconomy expert selection procedure from Ireland. *Futures, 99*, 45–55. https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.03.017
49. Devaney, L., & Henchion, M. (2018). Who is a Delphi 'expert'? Reflections on a bioeconomy expert selection procedure from Ireland. *Futures, 99*, 45–55. https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.03.017
50. Niederberger, M., & Spranger, J. (2020). Delphi technique in health sciences: A map. *Frontiers in Public Health, 8*, 457. https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00457
51. DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. *Energy Policy, 39*(3), 1699–1710. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.049
52. Niederberger, M., & Spranger, J. (2020). Delphi technique in health sciences: A map. *Frontiers in Public Health, 8*, 457. https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00457
53. Hohmann, E., Brand, J. C., Rossi, M. J., & Lubowitz, J. H. (2018). Research pearls: Expert consensus based evidence using the Delphi method. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery, 34*(12), 3278–3282. https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.10.004
54. DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. *Energy Policy, 39*(3), 1699–1710. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.049
55. Lee, L. S., Lee, Y. F., Altschuld, J. W., & Pan, Y. J. (2015). Energy literacy: Evaluating knowledge, affect, and behavior of students in Taiwan. *Energy Policy, 76*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.10.012
56. Hall, D. A., Smith, H., Heffernan, E., Fackrell, K., & Core Outcome Measures in Tinnitus International Delphi (COMiT'ID) Research Steering Group. (2018). Recruiting and retaining participants in e-Delphi surveys for core outcome set development: Evaluating the COMiT'ID study. *PLOS ONE, 13*(7), e0201378. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201378
57. Beiderbeck, D., Frevel, N., von der Gracht, H. A., Schmidt, S. L., & Schweitzer, V. M. (2021). Preparing, conducting, and analyzing Delphi surveys: Cross-disciplinary practices, new directions, and advancements. *MethodsX, 8*, 101401. https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101401
58. Akins, R. B., Tolson, H., & Cole, B. R. (2005). Stability of response characteristics of a Delphi panel: Application of bootstrap data expansion. *BMC Medical Research Methodology, 5*, 37. https://doi.org/10.1186/1471-2288-5-37

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

59. Manyara, A. M., Purvis, A., Ciani, O., Collins, G. S., & Taylor, R. S. (2024). Sample size in multistakeholder Delphi surveys: At what minimum sample size do replicability of results stabilize? *Journal of Clinical Epidemiology, 174*, 111485. https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2024.111485
60. Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G., Tatsuta, R., & Mieno, H. (1993). The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration. *Fuzzy Sets and Systems, 55*(3), 241–253. https://doi.org/10.1016/0165-0114(93)90251-C
61. Ahmad Basri, M. A. F., Wan Ismail, W. S., Kamal Nor, N., Mohd Tohit, N., Ahmad, M. N., Mohamad Aun, N. S., & Mohd Daud, T. I. (2024). Validation of key components in designing a social skills training content using virtual reality for high functioning autism youth—A Fuzzy Delphi method. *PLOS ONE, 19*(4), e0301517. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301517
62. Hsu, C.-C., & Sandford, B. A. (2007). The Delphi technique: Making sense of consensus. *Practical Assessment, Research, and Evaluation, 12*, Article 10. https://doi.org/10.7275/pdz9-th90
63. Niederberger, M., & Spranger, J. (2020). Delphi technique in health sciences: A map. *Frontiers in Public Health, 8*, Article 457. https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00457
64. Jünger, S., Payne, S. A., Brine, J., Radbruch, L., & Brearley, S. G. (2017). Guidance on Conducting and REporting DElphi Studies (CREDES) in palliative care: Recommendations based on a methodological systematic review. *Palliative Medicine, 31*(8), 684–706. https://doi.org/10.1177/0269216317690685
65. Niederberger M and Spranger J (2020) Delphi Technique in Health Sciences: A Map. Front. Public Health 8:457. doi: 10.3389/fpubh.2020.00457
66. Castañeda-Garza, G., Valerio-Ureña, G., & Herrera-Murillo, D. (2025). Energy literacy in Mexico. Science & Education, 34, 4761–4781.
67. Devaney, L., & Henchion, M. (2018). Who is a Delphi 'expert'? Reflections on a bioeconomy expert selection procedure from Ireland. Futures, 99, 45–55.
68. DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2008). Energy literacy among middle and high school youth. 2008 38th Annual Frontiers in Education Conference. IEEE.
69. Keeney, S., Hasson, F., & McKenna, H. (2006). Consulting the oracle: Ten lessons from using the Delphi technique in nursing research. Journal of Advanced Nursing, 53(2), 205–212.
70. Niederberger, M., & Spranger, J. (2020). Delphi technique in health sciences: A map. Frontiers in Public Health, 8, Article 457.
71. Jünger, S., Payne, S. A., Brine, J., Radbruch, L., & Brearley, S. G. (2017). Guidance on Conducting and REporting DElphi Studies (CREDES) in palliative care: Recommendations based on a methodological systematic review. Palliative Medicine, 31(8), 684–706.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

72. Jacobs, C., Foote, G., & Williams, M. (2023). Evaluating user experience with immersive technology in simulation-based education: A modified Delphi study with qualitative analysis. PLOS ONE, 18(8), Article e0275766.
73. Van den Broeck, J., Argeseanu Cunningham, S., Eeckels, R., & Herbst, K. (2005). Data cleaning: Detecting, diagnosing, and editing data abnormalities. PLOS Medicine, 2(10), e267.
74. Sullivan, G. M., & Artino, A. R., Jr. (2013). Analyzing and interpreting data from Likert-type scales. Journal of Graduate Medical Education, 5(4), 541–542.
75. Mishra, P., Pandey, C. M., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C., & Keshri, A. (2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data. Annals of Cardiac Anaesthesia, 22(1), 67–72.
76. Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101.
77. Fetters, M. D., Curry, L. A., & Creswell, J. W. (2013). Achieving integration in mixed methods designs—Principles and practices. Health Services Research, 48(6pt2), 2134–2156.
78. Jünger, S., Payne, S. A., Brine, J., Radbruch, L., & Brearley, S. G. (2017). Guidance on Conducting and REporting DElphi Studies (CREDES) in palliative care: Recommendations based on a methodological systematic review. Palliative Medicine, 31(8), 684–706.
79. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and Control, 8(3), 338–353
80. Mendel, J. M. (1995). Fuzzy logic systems for engineering: A tutorial. Proceedings of the IEEE, 83(3), 345–377
81. Mamdani, E. H., & Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. International Journal of Man-Machine Studies, 7(1), 1–13.
82. Lee, C. C. (1990). Fuzzy logic in control systems: Fuzzy logic controller—Part I. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 20(2), 404–418.
83. Jang, J.-S. R. (1993). ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 23(3), 665–685.
84. Van Leekwijck, W., & Kerre, E. E. (1999). Defuzzification: Criteria and classification. Fuzzy Sets and Systems, 108(2), 159–178.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]