

طراحی و اعتبارسنجی الگوی آموزش تصمیم‌گیری فناورانه در انتخاب و مصرف منابع برای دانش‌آموزان دوره اول متوسطه

علی رمضانپور

کارشناسی حرفه و فن، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

Ramezanpour90@gmail.com



کار و فناوری با توجه به ماهیت کاربردی خود، صرفاً عرصه انتقال دانش و مهارت‌های فنی نیست، بلکه م
برای پرورش توانایی دانش‌آموزان در مواجهه با موقعیت‌های واقعی، مقایسه گزینه‌ها، تشخیص محدودی
راحت‌های مناسب فراهم کند. یکی از شایستگی‌های کمتر مورد توجه در این زمینه، **تصمیم‌گیری فناورانه**
معنا که دانش‌آموز بتواند هنگام انجام یک فعالیت فناورانه، گزینه‌های موجود را شناسایی و بر اساس معیار
کارکرد، هزینه، دسترس‌پذیری، دوام، ایمنی، میزان مصرف منابع و پیامدهای محیط‌زیستی آنها را مقایسه و انتخاب
توجیه کند. پژوهش‌های مربوط به سواد فناورانه نیز تصمیم‌گیری و تفکر انتقادی را از مولفه‌های مهم توانمندی
فناورانه دانش‌آموزان دانسته‌اند. (Avsec & Jamšek, 2016) همچنین مطالعات جدید در آموزش فناوری نشان داده‌اند
که تصمیم‌گیری فناورانه مستلزم تحلیل شرایط و محدودیت‌ها، ارزیابی راحل‌ها، مقایسه گزینه‌ها و انتخاب آگاهانه است
(Asada et al., 2019).

هدف مقاله حاضر، طراحی و اعتبارسنجی یک الگوی آموزشی برای پرورش شایستگی تصمیم‌گیری فناورانه در انتخاب
و مصرف منابع در دانش‌آموزان دوره اول متوسطه است. پژوهش با رویکرد کاربردی و با اتکا به تحلیل منابع علمی
و اسناد مرتبط با آموزش فناوری، سواد فناورانه، تصمیم‌گیری و آموزش طراحی انجام می‌شود. در تدوین الگو،
تصمیم‌گیری فناورانه نه به عنوان انتخاب ساده یک ابزار یا ماده، بلکه به عنوان فرایندی چندمرحله‌ای در نظر گرفته
می‌شود که از تشخیص نیاز و مسئله، شناسایی گزینه‌ها، تعیین معیارهای تصمیم، مقایسه گزینه‌ها، پیش‌بینی پیامدها،
انتخاب و توجیه تصمیم و بازنگری در تصمیم تشکیل می‌شود. این رویکرد با دیدگاه‌های جدید آموزش فناوری همسو
است که تصمیم‌گیری دانش‌آموز را فرایندی برای ارزیابی و انتخاب راحل‌ها بر اساس معیارهای متنوع می‌داند.
الگوی پیشنهادی می‌تواند به معلمان کمک کند تا آموزش انتخاب ابزار، مواد و منابع را از سطح توصیه‌های پراکنده
فراتر برده و آن را به یک شایستگی قابل آموزش تبدیل کنند. همچنین، استفاده از موقعیت‌های تصمیم‌گیری واقعی
می‌تواند فرصت مناسبی برای پرورش تفکر انتقادی، مقایسه گزینه‌ها، استدلال مبتنی بر شواهد و توجه همزمان به
کارکرد، هزینه و پیامدهای انتخاب فناورانه فراهم آورد. در نهایت، اعتبار الگو باید از طریق بررسی نظر متخصصان
و اجرای آزمایشی در محیط واقعی مدرسه بررسی شود و نتایج این مقاله به عنوان مبنایی برای اعتبارسنجی تجربی و
توسعه ابزارهای سنجش این شایستگی قابل استفاده خواهد بود.

واژگان کلیدی: تصمیم‌گیری فناورانه؛ سواد فناورانه؛ کار و فناوری؛ انتخاب منابع؛ مصرف منابع؛ شایستگی فناورانه؛
دوره اول متوسطه؛ تفکر انتقادی

مجله پیشروان علوم تربیتی و آموزشی Design and Validation of an Instructional Model for Developing Technological Decision-Making Competence in Resource Selection and Use among Lower Secondary School Students

Abstract

Given its practical nature, Work and Technology education can provide more than the transmission of technical knowledge and skills. It can create learning opportunities for students to deal with authentic situations, identify constraints, compare alternatives, and select appropriate technological solutions. One relatively underdeveloped dimension in this context

is **technological decision-making competence**. This competence refers to students' ability to identify available alternatives and make reasoned choices regarding tools, materials, and other resources based on criteria such as functionality, cost, availability, durability, safety, resource consumption, and environmental consequences. Research on technological literacy has identified decision-making and critical thinking as important components of students' technological competence (Avsec & Jamšek, 2016). Similarly, research in technology education has conceptualized technological decision-making as a process involving the analysis of constraints, evaluation of solutions, comparison of alternatives, and determination of an appropriate solution (Asada et al., 2019).

The present article aims to design and validate an instructional model for developing technological decision-making competence in resource selection and use among lower secondary school students. The study adopts an applied approach and draws on an analytical synthesis of relevant literature on technological literacy, decision-making, technology education, and design-based learning. In the proposed model, technological decision-making is conceptualized as a multidimensional process consisting of identifying the need and problem, generating alternatives, establishing decision criteria, comparing alternatives, anticipating consequences, selecting and justifying a solution, and reconsidering the decision. This conceptualization is consistent with recent perspectives in technology education that emphasize students' evaluation and selection of technological solutions under multiple constraints.

The proposed model can help teachers move beyond presenting isolated recommendations about tools, materials, and resources and instead treat technological decision-making as an explicit and teachable competence. Authentic decision-making situations may also provide opportunities for developing critical thinking, evidence-based reasoning, comparison of alternatives, and consideration of functional, economic, and environmental consequences simultaneously. The validity of the proposed model should subsequently be examined through expert judgment and empirical implementation in authentic school settings. The model can therefore serve as a conceptual and practical basis for developing instructional activities and assessment instruments aimed at fostering technological decision-making competence in Work and Technology education.

Keywords: Technological Decision-Making; Technological Literacy; Work and Technology Education; Resource Selection; Resource Use; Technological Competence; Lower Secondary Education; Critical Thinking

۱. مقدمه

فناوری بخش جدایی‌ناپذیر زندگی روزمره انسان معاصر است و بسیاری از فعالیت‌های فردی و اجتماعی، از انتخاب و استفاده از ابزارهای ساده تا تصمیم‌گیری درباره محصولات، سامانه‌ها و شیوه‌های انجام کار، با انتخاب‌های فناورانه همراه هستند. در چنین شرایطی، برخورداری از آموزش فناوری نمی‌تواند صرفاً به توانایی استفاده از ابزار یا کسب مجموعه‌ای از مهارت‌های فنی محدود شود؛ زیرا فرد باید بتواند در موقعیت‌های مختلف، اطلاعات موجود را بررسی کند، گزینه‌های متفاوت را بشناسد، مزایا و محدودیت‌های آنها را بسنجد و بر اساس معیارهای مرتبط، تصمیم مناسب اتخاذ کند. در ادبیات سواد فناورانه نیز «تفکر انتقادی و تصمیم‌گیری» در کنار دانش و توانایی‌های عملی، یکی از ابعاد اساسی سواد فناورانه در نظر گرفته شده است (National Academy of Engineering & National Research Council, 2006).

اهمیت این موضوع در آموزش فناوری زمانی آشکارتر می‌شود که توجه کنیم بسیاری از موقعیت‌های فناورانه دارای یک پاسخ از پیش تعیین‌شده نیستند. در یک موقعیت واقعی، ممکن است چند ماده، ابزار یا روش برای دستیابی به یک

هدف در دسترس باشد، اما هرکدام هزینه، دوام، ایمنی، قابلیت اجرا، میزان مصرف منابع و پیامدهای متفاوتی داشته باشند. بنابراین، انتخاب یک گزینه مناسب مستلزم آن است که دانش‌آموز بتواند میان معیارهای مختلف ارتباط برقرار کند و تصمیم خود را بر مبنای دلایل قابل دفاع شکل دهد. گزارش شورای ملی پژوهش ایالات متحده درباره سنجش سواد فناورانه نیز تصمیم‌گیری فناورانه را فرایندی مرتبط با پرسشگری، جست‌وجو و ارزیابی اطلاعات و اتخاذ تصمیم بر مبنای اطلاعات دانسته است (National Academy of Engineering & National Research Council, 2006).

در این چارچوب، «تصمیم‌گیری فناورانه» را نباید با انتخاب ساده یک وسیله یا ماده یکسان دانست. انتخاب زمانی واجد ماهیت فناورانه است که فرد برای رسیدن به یک هدف مشخص، گزینه‌های موجود را در ارتباط با نیاز، محدودیت‌ها و پیامدهای آنها ارزیابی کند. از این منظر، تصمیم‌گیری فناورانه با توانایی مقایسه، ارزیابی، پیش‌بینی پیامد و توجیه انتخاب ارتباط پیدا می‌کند. پژوهش Avsec و (Jamšek, 2016) نیز در سنجش سواد فناورانه دانش‌آموزان ۶ تا ۱۸ سال، دانش، توانایی‌های عملی و تفکر انتقادی و تصمیم‌گیری را به عنوان مؤلفه‌های اصلی یک ساختار یکپارچه در نظر گرفته است. این یافته نظری نشان می‌دهد که آموزش فناوری، در کنار ایجاد توانایی انجام کار، باید ظرفیت دانش‌آموز برای اندیشیدن درباره انتخاب‌ها و تصمیم‌های فناورانه را نیز مورد توجه قرار دهد.

اهمیت تصمیم‌گیری فناورانه تنها به انتخاب ابزار و مواد در فعالیت‌های کلاسی محدود نیست. فناوری همواره با محدودیت‌هایی مانند منابع در دسترس، هزینه، زمان، ایمنی، کارکرد، تأثیر بر محیط‌زیست و نیازهای کاربران همراه است. به همین دلیل، استانداردهای آموزش سواد فناورانه بر این تأکید دارند که دانش‌آموزان باید بتوانند فناوری و پیامدهای آن را در ارتباط با زندگی، جامعه و محیط‌زیست درک کنند و در فرایندهای فناورانه مشارکت آگاهانه داشته باشند (International Technology and Engineering Educators Association [ITEEA], 2020). در این رویکرد، آموزش فناوری صرفاً آموزش «چگونه انجام دادن» نیست، بلکه «چرا این گزینه را انتخاب کردن» و «پیامد این انتخاب چیست» نیز بخشی از یادگیری فناورانه محسوب می‌شود.

این مسئله با ماهیت درس کار و فناوری در دوره اول متوسطه ایران نیز ارتباط مستقیم دارد. در اسناد برنامه درسی کشور، حوزه تربیت و یادگیری کار و فناوری با کسب مهارت‌های عملی برای زندگی کارآمد و بهر‌مور و کسب شایستگی‌های مرتبط با فناوری و علوم وابسته پیوند خورده است. همچنین در معرفی رسمی کتاب‌های کار و فناوری، بر توجه این حوزه به شایستگی‌های فنی و غیرفنی دنیای کار، شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات و یادگیری مادام‌العمر فنی و حرفه‌ای تأکید شده است (سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، ۱۳۹۷).

با وجود این، میان «داشتن فرصت برای انجام یک فعالیت فناورانه» و «یادگیری چگونگی تصمیم‌گیری در آن فعالیت» تفاوت مهمی وجود دارد. ممکن است دانش‌آموز در یک فعالیت ساخت یا تولید، ماده یا ابزار مشخصی را طبق دستورالعمل انتخاب کند و فعالیت را با موفقیت به پایان برساند، بدون آنکه ضرورتاً درباره چرایی این انتخاب، گزینه‌های جایگزین یا پیامدهای تصمیم خود اندیشیده باشد. در چنین شرایطی، فعالیت عملی انجام شده است، اما فرصت پرورش یک شایستگی تصمیم‌گیری لزوماً به‌صورت هدفمند طراحی نشده است. از همین رو، آموزش تصمیم‌گیری فناورانه نیازمند موقعیت‌هایی است که در آنها دانش‌آموز با انتخاب‌های واقعی و معنادار مواجه شود و ناگزیر باشد میان چند گزینه، بر اساس معیارهای مشخص، تصمیم بگیرد.

اهمیت این تمایز را می‌توان در پژوهش‌های مربوط به سواد فناورانه نیز مشاهده کرد Avsec و (Jamšek, 2016) نشان داده‌اند که سواد فناورانه سازه‌ای چندبعدی است و نمی‌توان آن را تنها از طریق سنجش دانش یا توانایی استفاده از فناوری توضیح داد؛ بلکه تفکر انتقادی و تصمیم‌گیری نیز در آن جایگاه مشخصی دارد. این دیدگاه، زمینه نظری مناسبی برای آن فراهم می‌کند که تصمیم‌گیری فناورانه نه به عنوان یک مهارت جانبی، بلکه به عنوان بخشی از شایستگی فناورانه دانش‌آموز مورد توجه قرار گیرد.

از سوی دیگر، مسئله انتخاب منابع در فعالیت‌های فناورانه، به دلیل وجود محدودیت‌های واقعی، بستر مناسبی برای پرورش این شایستگی فراهم می‌کند. هنگامی که دانش‌آموز میان دو یا چند ماده، ابزار یا روش انتخاب می‌کند، تصمیم او می‌تواند بر اساس مجموعه‌ای از معیارها شکل بگیرد. برای مثال، ممکن است ماده‌ای ارزان‌تر اما کم‌دوام‌تر باشد، ماده‌ای دیگر دوام بیشتری داشته باشد اما به ابزار تخصصی‌تری نیاز داشته باشد، یا یک گزینه از نظر میزان مصرف منابع مناسب‌تر باشد اما زمان بیشتری برای اجرا نیاز داشته باشد. قرار دادن دانش‌آموز در چنین موقعیت‌هایی، امکان تبدیل یک فعالیت فنی ساده به یک موقعیت یادگیری تصمیم‌محور را فراهم می‌کند.

این نگاه با تحول رویکردهای معاصر آموزش فناوری نیز سازگار است. استانداردهای جدید آموزش سواد فناورانه و مهندسی، فناوری را در ارتباط با فعالیت‌های انسانی، جامعه و محیط‌زیست بررسی می‌کنند و بر توانایی دانش‌آموزان برای استفاده و توسعه محصولات، سامانه‌ها و فرایندهای فناورانه تأکید دارند (ITEEA, 2020). همچنین پژوهش‌های مربوط به سنجش سواد فناورانه نشان داده‌اند که اگر آموزش فناوری بخواهد تصویری کامل از توانایی دانش‌آموز ارائه دهد، باید ابعاد شناختی و تصمیم‌گیری را در کنار دانش و قابلیت‌های عملی مورد توجه قرار دهد (National

Academy of Engineering & National Research Council, 2006).

در ایران نیز پژوهش‌های مرتبط با برنامه درسی کار و فناوری نشان می‌دهند که این حوزه ظرفیت پرورش شایستگی‌هایی فراتر از مهارت‌های فنی را دارد. برای نمونه، ابوالحسنی و دهقانی (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای درباره آموزش کار و فناوری مبتنی بر تفکر طراحی، اثر این رویکرد را بر ابعاد مختلف شایستگی هیجانی - اجتماعی از جمله تصمیم‌گیری مسئولانه بررسی کرده‌اند. اهمیت این مطالعه برای بحث حاضر در آن است که نشان می‌دهد فعالیت‌های کار و فناوری می‌توانند بستری برای رشد ابعاد تصمیم‌گیری دانش‌آموزان باشند؛ با این حال، موضوع تصمیم‌گیری فناورانه درباره انتخاب و مصرف منابع، به‌عنوان یک شایستگی اختصاصی در فعالیت‌های فناورانه، مسئله‌ای متفاوت است و نباید با تصمیم‌گیری مسئولانه در معنای عام آن یکسان تلقی شود.

از این منظر، خلأ مورد توجه پژوهش حاضر در فاصله میان فعالیت عملی فناورانه و آموزش صریح فرایند تصمیم‌گیری در آن فعالیت قرار دارد. مسئله این نیست که دانش‌آموزان در درس کار و فناوری با ابزار، مواد یا منابع مواجه می‌شوند؛ بلکه مسئله این است که آیا برای آنها فرصت و چارچوبی فراهم می‌شود تا یاد بگیرند چگونه از میان گزینه‌های موجود، انتخابی آگاهانه، مستدل و متناسب با شرایط انجام دهند. چنین رویکردی می‌تواند مفهوم «انتخاب منابع» را از یک اقدام اجرایی به یک موقعیت یادگیری تبدیل کند.

بر این اساس، پژوهش حاضر با تمرکز بر دوره اول متوسطه، درصدد طراحی الگویی است که تصمیم‌گیری فناورانه در انتخاب و مصرف منابع را به یک فرایند آموزشی هدفمند تبدیل کند. در این الگو، دانش‌آموز ابتدا نیاز یا مسئله را مشخص می‌کند، گزینه‌های ممکن را شناسایی می‌کند، معیارهای تصمیم را تعیین می‌کند، گزینه‌ها را مقایسه و پیامدهای آنها را پیش‌بینی می‌کند، تصمیم خود را انتخاب و توجیه می‌کند و در صورت دستیابی به اطلاعات جدید یا مشاهده پیامدهای پیش‌بینی‌نشده، امکان بازنگری در تصمیم را دارد. هدف از این رویکرد، آموزش یک «پاسخ درست» برای انتخاب منابع نیست؛ بلکه پرورش توانایی تصمیم‌گیری متناسب با هدف و شرایط است.

اهمیت پژوهش حاضر از آنجا ناشی می‌شود که چنین الگویی می‌تواند به معلم کمک کند تا یکی از ابعاد کمتر صریح یادگیری در درس کار و فناوری را به یک هدف آموزشی قابل مشاهده و قابل آموزش تبدیل کند. همچنین، می‌تواند زمینه‌ای برای طراحی فعالیت‌های کلاسی فراهم آورد که در آنها دانش‌آموز به جای پیروی صرف از دستورالعمل، درباره انتخاب‌های فناورانه خود فکر کند، آنها را مقایسه کند و برای تصمیم خود استدلال ارائه دهد. بر این اساس، سؤال اصلی پژوهش حاضر این است که الگوی مناسب آموزش تصمیم‌گیری فناورانه در انتخاب و مصرف منابع برای دانش‌آموزان دوره اول متوسطه از چه مؤلفه‌ها و مراحل تشکیل می‌شود و چگونه می‌توان اعتبار آن را بررسی کرد؟

۲. بیان مسئله و اهمیت و ضرورت پژوهش

آموزش فناوری در مدرسه زمانی می‌تواند به شکل مؤثر به آماده‌سازی دانش‌آموزان برای زندگی واقعی کمک کند که از آموزش صرف مهارت‌های اجرایی فراتر رود و توانایی آنان را برای مواجهه آگاهانه با موقعیت‌های فناورانه نیز پرورش دهد. در زندگی روزمره، افراد به‌طور مداوم با موقعیت‌هایی مواجه‌اند که در آنها باید میان چند ابزار، ماده، روش یا راه‌حل انتخاب کنند. این انتخاب‌ها معمولاً ساده و تک‌معیاری نیستند؛ زیرا عواملی همچون کارکرد، هزینه، دسترسی‌پذیری، ایمنی، دوام، زمان، میزان مصرف منابع و پیامدهای محیط‌زیستی می‌توانند به‌صورت هم‌زمان در تصمیم دخالت داشته باشند. از این رو، برخورداری از توانایی تصمیم‌گیری در موقعیت‌های فناورانه را می‌توان بخشی از شایستگی مورد نیاز فرد در جامعه فناورانه دانست Avsec و (2016) Jamšek نیز در چارچوب سنجش سواد فناورانه، «تفکر انتقادی و تصمیم‌گیری» را در کنار دانش و قابلیت‌های عملی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های اصلی سواد فناورانه مطرح کرده‌اند.

مسئله اصلی پژوهش حاضر از همین نقطه آغاز می‌شود: دانش‌آموز چگونه باید یاد بگیرد که در یک موقعیت فناورانه، میان گزینه‌های مختلف انتخاب کند؟ اگر در یک فعالیت کار و فناوری، معلم از ابتدا ماده، ابزار یا روش انجام کار را مشخص کند، دانش‌آموز ممکن است مهارت استفاده از آن را کسب کند، اما لزوماً فرایند تصمیم‌گیری درباره چرایی انتخاب آن گزینه را تجربه نمی‌کند. در مقابل، اگر موقعیت آموزشی به گونه‌ای طراحی شود که چند گزینه با ویژگی‌ها و محدودیت‌های متفاوت در اختیار دانش‌آموز قرار گیرد، دانش‌آموز ناگزیر خواهد بود معیارهایی برای مقایسه ایجاد کند، اطلاعات گردآوری کند، پیامدهای احتمالی را بسنجد و از انتخاب خود دفاع کند. بنابراین، تفاوت مهمی میان «اجرای یک انتخاب از پیش تعیین‌شده» و «یادگیری چگونگی انتخاب در یک موقعیت فناورانه» وجود دارد.

شواهد پژوهشی در حوزه آموزش فناوری از ضرورت چنین رویکردی حمایت می‌کنند Asada و Ochiai و Yata (2019) در پژوهشی با هدف پرورش مهارت‌های تصمیم‌گیری در آموزش فناوری، چارچوبی شامل چهار مرحله «تحلیل شرایط و محدودیت‌ها»، «ارزیابی راه‌حل»، «مقایسه و بررسی راه‌حل‌ها» و «تعیین راه‌حل» طراحی کردند. آنان این چارچوب را در یک درس فناوری درباره انتخاب روش‌های ارتباطی در اینترنت با ۱۷۲ دانش‌آموز به کار گرفتند و گزارش کردند که اجرای روش آموزشی، در چارچوب معیارهای موردنظر پژوهش، نتایج مثبتی در یادگیری تصمیم‌گیری فناورانه ایجاد کرده است. اهمیت این پژوهش برای مطالعه حاضر در آن است که تصمیم‌گیری فناورانه را به‌عنوان فرایندی قابل آموزش و ساختارمند در نظر می‌گیرد، نه صرفاً نتیجه‌ای فرعی از انجام فعالیت‌های عملی.

از سوی دیگر، تصمیم‌های فناورانه معمولاً در شرایطی اتخاذ می‌شوند که چند معیار ممکن است با یکدیگر در تعارض باشند. برای مثال، گزینه‌ای ممکن است ارزان‌تر اما کم‌دوام‌تر باشد؛ گزینه‌ای دیگر ممکن است از نظر ایمنی مناسب‌تر، اما از نظر دسترسی دشوارتر باشد. در چنین موقعیت‌هایی، آموزش تصمیم‌گیری نمی‌تواند صرفاً به معرفی «بهترین گزینه» محدود شود؛ بلکه باید دانش‌آموز را با منطق مقایسه و موازنه میان معیارها آشنا کند. پژوهش‌های جدید در آموزش طراحی و فناوری نیز بر همین ویژگی تأکید دارند (Yüksel و Purzer (2026). STEM به‌مثابه یک فرایند تصمیم‌گیری معرفی می‌کند که در آن دانش‌آموزان باید میان گزینه‌های مختلف، با توجه هم‌زمان به عواملی مانند کارکرد، هزینه، زیبایی‌شناسی، پایداری، قابلیت استفاده و نوآوری تصمیم بگیرند. این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که «منابع» را فقط به مواد اولیه محدود نکنیم. در یک فعالیت فناورانه، منابع می‌توانند شامل مواد، ابزارها، انرژی، زمان، اطلاعات و امکانات موجود باشند. بنابراین، تصمیم‌گیری درباره منابع در واقع نوعی تصمیم‌گیری درباره چگونگی دستیابی به یک هدف فناورانه در شرایط محدودیت است. چنین برداشتی، امکان پیوند میان آموزش فناوری و آموزش استفاده مسئولانه از منابع را فراهم می‌کند. در سال‌های اخیر، پیوند میان آموزش فناوری و توسعه پایدار نیز اهمیت بیشتری یافته است. یک مرور دامنه‌ای جدید درباره آموزش فناوری برای توسعه پایدار نشان می‌دهد که فناوری از یک سو می‌تواند ابزاری برای گذار سبز، اقتصاد چرخشی و استفاده کارآمدتر از منابع باشد و از سوی دیگر، خود فناوری می‌تواند با مصرف انرژی و منابع و پیامدهای محیط‌زیستی همراه باشد. بنابراین، آموزش فناوری نیازمند آن است که دانش‌آموزان را صرفاً به استفاده از فناوری محدود نکند، بلکه آنان را برای قضاوت درباره پیامدهای انتخاب‌ها و استفاده از فناوری نیز آماده سازد (Andersen et al., 2026).

پژوهش‌های Lind، Pelger و Jakobsson (2022) نیز نشان داده است که فعالیت‌های طراحی در آموزش فناوری می‌تواند زمینه‌ای برای شکل‌گیری دانش دانش‌آموزان درباره فناوری‌های نوظهور و ارتباط آنها با مسائل پایداری فراهم کنند. نویسندگان تأکید می‌کنند که در جامعه‌ای وابسته به فناوری، توانایی کنترل و استفاده آگاهانه از فناوری و اتخاذ تصمیم‌های مبتنی بر اطلاعات اهمیت دارد. از این منظر، انتخاب منابع در درس کار و فناوری می‌تواند به یک موقعیت آموزشی کوچک اما معنادار برای تمرین تصمیم‌گیری درباره پیامدهای فنی، اقتصادی و محیط‌زیستی تبدیل شود.

اهمیت این مسئله با یافته‌های پژوهش‌های مربوط به تصمیم‌گیری در آموزش پایداری نیز تقویت می‌شود (Gresch و Bögeholz (2013). نشان داده‌اند که دانش‌آموزان در موقعیت‌های تصمیم‌گیری با مجموعه‌ای از انتخاب‌ها مواجه‌اند و برای تصمیم‌گیری مسئولانه لازم است بتوانند گزینه‌های نامطلوب را ناپایدار را شناسایی کنند. بنابراین، تصمیم‌گیری آگاهانه تنها به داشتن اطلاعات درباره یک موضوع وابسته نیست؛ بلکه به توانایی تشخیص گزینه‌ها، بررسی پیامدها و استفاده از اطلاعات در فرایند انتخاب نیز وابسته است.

در آموزش فناوری، این موضوع می‌تواند در قالب موقعیت‌های بسیار عینی و متناسب با سن دانش‌آموزان دوره اول متوسطه دنبال شود. برای نمونه، دانش‌آموز می‌تواند با مسئله‌ای مواجه شود که برای ساخت یک محصول ساده، چند نوع ماده در اختیار دارد و باید بر اساس هزینه، استحکام، میزان دسترسی، ایمنی و میزان دورریز، ماده مناسب را انتخاب کند. در موقعیتی دیگر ممکن است چند ابزار برای انجام یک کار در اختیار او قرار گیرد و لازم باشد بر اساس دقت، سرعت، ایمنی و سهولت استفاده، گزینه مناسب را انتخاب کند. در هر دو حالت، هدف صرفاً رسیدن به محصول نهایی نیست؛ بلکه خود فرایند انتخاب و استدلال پشت انتخاب، به بخشی از یادگیری تبدیل می‌شود.

با وجود اهمیت این موضوع، یکی از چالش‌های اساسی در طراحی چنین یادگیری‌ای، نبود یک چارچوب آموزشی روشن برای تبدیل تصمیم‌گیری فناورانه به یک فرایند قابل آموزش است. اگر مراحل تصمیم‌گیری برای دانش‌آموز مشخص نباشد، احتمال دارد فعالیت به انتخاب سلیقه‌ای یک گزینه تقلیل پیدا کند. از سوی دیگر، اگر چارچوب بیش از حد بسته و دستورالعملی باشد، فرصت تفکر و قضاوت شخصی دانش‌آموز کاهش می‌یابد. بنابراین، الگوی آموزشی مناسب باید میان ساختارمندی فرایند تصمیم‌گیری و باز بودن فضای انتخاب تعادل برقرار کند.

این ضرورت با پژوهش‌های جدید درباره شایستگی‌های مورد نیاز در آموزش فناوری نیز همخوان است (Sundqvist و Engström (2026). در مرور پژوهش‌های مربوط به شایستگی‌های توسعه پایدار در آموزش فناوری از پیش‌دبستانی تا متوسطه، بر اهمیت شایستگی‌هایی مانند تفکر انتقادی، همکاری و توانایی مواجهه با مسائل فناورانه و پایداری تأکید کرده‌اند. آنان همچنین نشان می‌دهند که تفکر انتقادی و تصمیم‌گیری در آموزش فناوری می‌تواند با توانایی دانش‌آموز در برخورد با موقعیت‌های جدید و استفاده از راهبردهای موازنه‌ای برای تصمیم‌گیری ارتباط داشته باشند.

از منظر نظری نیز تصمیم‌گیری فناورانه را نمی‌توان به یک مرحله منفرد در فرایند حل مسئله فروکاست. تصمیم فناورانه حاصل تعامل میان شناخت مسئله، شناسایی محدودیت‌ها، تولید یا شناسایی گزینه‌ها، تعیین معیارها، مقایسه گزینه‌ها، پیش‌بینی پیامدها و انتخاب یک راه‌حل است. پژوهش‌های حوزه آموزش فناوری نیز نشان داده‌اند که استدلال در فرایندهای فناورانه شامل استدلال «وسيله - هدف» و «علت - معلول» است؛ یعنی دانش‌آموز هم باید درباره این موضوع بیندیشد که کدام اقدام او را به هدف می‌رساند و هم بتواند پیامدها و آثار جانبی انتخاب خود را پیش‌بینی و ارزیابی کند (Nordlöf et al., 2022).

بر این اساس، خلأ مورد توجه در پژوهش حاضر نه فقدان آموزش عملی در درس کار و فناوری، بلکه فقدان تمرکز صریح و ساختارمند بر فرایند تصمیم‌گیری هنگام انتخاب و مصرف منابع است. فعالیت‌های عملی، طراحی و ساخت می‌توانند بستر مناسبی برای ایجاد این یادگیری باشند، اما برای تبدیل این ظرفیت به یک شایستگی آموزشی، لازم است مؤلفه‌ها و مراحل تصمیم‌گیری به‌صورت مشخص شناسایی و در قالب یک الگوی آموزشی سازمان‌دهی شوند. در نتیجه، پژوهش حاضر تلاش می‌کند به این مسئله پاسخ دهد که الگوی آموزش تصمیم‌گیری فناورانه در انتخاب و مصرف منابع برای دانش‌آموزان دوره اول متوسطه باید بر چه مبانی، مؤلفه‌ها و مراحل استوار باشد؟ پاسخ به این پرسش می‌تواند از یک سو به غنی‌تر شدن مبانی نظری آموزش تصمیم‌گیری در حوزه کار و فناوری کمک کند و از سوی دیگر، برای معلمان این درس چارچوبی عملی فراهم آورد تا موقعیت‌های انتخاب منابع را از یک تصمیم اجرایی ساده به یک موقعیت یادگیری برای مقایسه، استدلال، پیش‌بینی پیامد و تصمیم‌گیری آگاهانه تبدیل کنند.

۳. پیشینه پژوهش

۳-۱. پژوهش‌های داخلی

در پژوهش‌های داخلی مرتبط با حوزه کار و فناوری، بخش قابل توجهی از مطالعات بر برنامه درسی، روش‌های تدریس، شایستگی‌های دانش‌آموزان و رویکردهای نوین یاددهی - یادگیری تمرکز داشته‌اند. باین‌حال، مطالعاتی که «تصمیم‌گیری فناورانه» را به‌عنوان یک شایستگی مستقل و قابل آموزش در موقعیت انتخاب و مصرف منابع مورد بررسی قرار داده باشند، محدود به نظر می‌رسند.

ابوالحسنی و دهقانی (۱۴۰۲) در پژوهشی با عنوان «تأثیر آموزش برنامه‌درسی کار و فناوری مبتنی بر تفکر طراحی بر شایستگی هیجانی - اجتماعی دانش‌آموزان»، اثربخشی آموزش کار و فناوری مبتنی بر تفکر طراحی را بر شایستگی‌های هیجانی - اجتماعی دانش‌آموزان دختر دوره متوسطه اول بررسی کردند. این پژوهش با طرح نیمه‌آزمایشی پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل و با مشارکت ۴۰ دانش‌آموز انجام شد. دانش‌آموزان گروه آزمایش طی ۱۲ جلسه تحت آموزش قرار گرفتند و نتایج نشان داد که آموزش مبتنی بر تفکر طراحی موجب افزایش معنادار شایستگی‌های هیجانی - اجتماعی، از جمله تصمیم‌گیری مسئولانه، شده است (ابوالحسنی و دهقانی، ۱۴۰۲).

اهمیت این پژوهش برای مطالعه حاضر در تأکید آن بر ظرفیت درس کار و فناوری برای پرورش شایستگی‌های فراتر از مهارت فنی است؛ باین‌حال، «تصمیم‌گیری مسئولانه» در مطالعه مذکور بخشی از یک سازه گسترده‌تر، یعنی شایستگی هیجانی - اجتماعی، بوده است و موضوع پژوهش به فرایند تصمیم‌گیری در موقعیت‌های فناورانه اختصاص نداشته است. به بیان دیگر، این مطالعه نشان می‌دهد که برنامه درسی کار و فناوری می‌تواند بستر رشد تصمیم‌گیری باشد، اما مشخص نمی‌کند دانش‌آموز در مواجهه با چند ماده، ابزار یا منبع فناورانه چگونه باید گزینه‌ها را مقایسه، معیارگذاری و انتخاب کند. این تمایز، یکی از نقاط اتصال پژوهش حاضر با ادبیات داخلی است.

در سطح اسناد و منابع رسمی آموزشی نیز جایگاه شایستگی‌های فناورانه در درس کار و فناوری مورد تأکید قرار گرفته است. در بیانیه حوزه تربیت و یادگیری کار و فناوری در برنامه درسی ملی، این حوزه با «کسب مهارت‌های عملی برای زندگی کارآمد و بهر‌مور» و «کسب شایستگی‌های مرتبط با فناوری و علوم وابسته» پیوند داده شده و بر یادگیری عینی و تجربی و تجربه در محیط‌های یادگیری واقعی و متنوع تأکید شده است (شورای عالی آموزش و پرورش، ۱۳۹۱).

این جهت‌گیری نشان می‌دهد که در سطح برنامه درسی رسمی، یادگیری کار و فناوری صرفاً به انتقال دانش نظری محدود نشده است. باین‌حال، وجود تأکید کلی بر شایستگی فناورانه لزوماً به معنای وجود یک چارچوب مشخص برای آموزش «چگونگی تصمیم‌گیری» نیست. بنابراین، میان هدف کلی برنامه درسی و طراحی یک مدل آموزشی مشخص برای تصمیم‌گیری در انتخاب منابع، فاصله مفهومی وجود دارد که پژوهش حاضر تلاش می‌کند آن را مورد توجه قرار دهد.

از سوی دیگر، برخی منابع تخصصی منتشر شده توسط دفتر انتشارات و فناوری آموزشی نیز بر ماهیت شایستگی‌محور، عملی و فعال درس کار و فناوری تأکید کرده‌اند. در یک گفت‌وگوی تخصصی درباره الزامات و چالش‌های این درس، سواد فناورانه و سواد فناوری اطلاعات و ارتباطات از اهداف اصلی حوزه کار و فناوری در دوره اول متوسطه معرفی شده و بر اهمیت یادگیری مهارت‌ها و ارزشیابی عملکردی تأکید شده است (صمدی، ۱۴۰۰). همچنین در همین منبع، مشکلاتی مانند محدودیت امکانات و کاهش فعالیت‌های درس به یک پروژه مشخص گزارش شده است.

منبع دیگری از دفتر انتشارات و فناوری آموزشی، بر ویژگی‌هایی مانند شایستگی‌محوری، یادگیری از طریق فعالیت‌های عملی و رویکرد فعال دانش‌آموزان در درس کار و فناوری تأکید می‌کند (واحدی، ۱۴۰۰). این دیدگاه با موضوع پژوهش حاضر ارتباط دارد؛ زیرا اگر یادگیری کار و فناوری بر تجربه و فعالیت دانش‌آموز استوار باشد، موقعیت‌های انتخاب و مصرف منابع می‌تواند به‌جای آنکه صرفاً بخشی از اجرای یک فعالیت باشند، به موقعیت‌هایی برای تمرین قضاوت و تصمیم‌گیری تبدیل شوند.

در مجموع، بررسی منابع داخلی نشان می‌دهد که سه محور در ادبیات موجود برجسته‌تر هستند: شایستگی فناورانه، یادگیری عملی و فعال، و استفاده از رویکردهای نوین مانند تفکر طراحی. باین‌حال، در منابع بررسی‌شده، مطالعه‌ای

که این سه محور را در قالب یک «الگوی آموزشی مشخص برای تصمیم‌گیری فناورانه در انتخاب و مصرف منابع» یکپارچه کرده باشد، شناسایی نشد. این مشاهده البته به معنای ادعای فقدان مطلق چنین پژوهش‌هایی در تمام منابع علمی کشور نیست، بلکه نشان‌دهنده فاصله موضوعی میان مطالعات بررسی‌شده و موضوع پژوهش حاضر است.

۳-۲. پژوهش‌های خارجی

در ادبیات بین‌المللی آموزش فناوری، تصمیم‌گیری جایگاه صریح‌تری در مفهوم سواد فناورانه دارد Avsec و Jamšek (2016) در مطالعه‌ای درباره سواد فناورانه دانش‌آموزان ۶ تا ۱۸ سال، مدلی را برای سنجش جامع سواد فناورانه ارائه کردند که سه مؤلفه اصلی دانش، قابلیت‌ها و «تفکر انتقادی و تصمیم‌گیری» را دربرمی‌گرفت. بنابراین، از دیدگاه این پژوهش، فرد باسواد فناورانه تنها کسی نیست که دانش و مهارت استفاده از فناوری را دارد؛ بلکه باید بتواند در موقعیت‌های فناورانه تفکر انتقادی داشته باشد و تصمیم مناسب اتخاذ کند.

این یافته از نظر نظری برای پژوهش حاضر اهمیت زیادی دارد؛ زیرا نشان می‌دهد تصمیم‌گیری را می‌توان بخشی از ساختار سواد فناورانه تلقی کرد، نه مهارتی کاملاً بیرونی نسبت به آموزش فناوری. با این حال، مطالعه Avsec و Jamšek بیشتر بر اندازه‌گیری سواد فناورانه متمرکز است و الگوی آموزشی اختصاصی برای آموزش تصمیم‌گیری در انتخاب منابع ارائه نمی‌کند. از این رو، پژوهش حاضر از مبنای مفهومی آن استفاده می‌کند، اما دامنه مسئله را از سنجش سواد فناورانه به طراحی یک فرایند آموزشی مشخص گسترش می‌دهد.

از میان مطالعات خارجی، پژوهش Asada، Yata و Ban (2019) ارتباط مستقیم‌تری با موضوع حاضر دارد. این پژوهش با هدف پرورش مهارت‌های تصمیم‌گیری مرتبط با فناوری انجام شد و پژوهشگران یک چارچوب تصمیم‌گیری شامل چهار مرحله «تحلیل شرایط و محدودیت‌ها»، «ارزیابی راه‌حل»، «مقایسه و بررسی راه‌حل‌ها» و «تعیین راه‌حل» طراحی کردند. این چارچوب در یک موقعیت آموزشی درباره انتخاب روش‌های ارتباطی مورد استفاده در اینترنت به کار گرفته شد و درس طراحی‌شده برای ۱۷۲ دانش‌آموز اجرا شد. نتایج پژوهش نشان داد که آموزش طراحی‌شده، بر اساس معیارهای ارزیابی پژوهشگران، در پرورش مهارت تصمیم‌گیری فناورانه مؤثر بوده است (Asada et al., 2019).

پژوهش Asada و همکاران برای مطالعه حاضر اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا نشان می‌دهد تصمیم‌گیری فناورانه را می‌توان به مراحل آموزشی مشخص تبدیل کرد. در عین حال، تفاوت مهمی میان آن مطالعه و پژوهش حاضر وجود دارد. مسئله Asada و همکاران، انتخاب روش ارتباطی در یک موقعیت فناورانه بود؛ درحالی‌که پژوهش حاضر بر انتخاب و مصرف منابع، از جمله مواد، ابزارها و سایر منابع مورد نیاز فعالیت‌های فناورانه، تمرکز دارد. در نتیجه، پژوهش حاضر قصد تکرار چارچوب مذکور را ندارد، بلکه از منطق مرحله‌ای آن به‌عنوان یکی از مبانی طراحی الگوی پیشنهادی استفاده می‌کند.

مطالعات مربوط به پایداری نیز بعد دیگری از تصمیم‌گیری فناورانه را آشکار کرده‌اند Gresch و Bögeholz (2013) در بررسی تصمیم‌گیری در آموزش توسعه پایدار، بر ضرورت توانایی دانش‌آموزان برای شناسایی گزینه‌های ناسازگار با پایداری تأکید کردند. استدلال اصلی آنان این است که دانش‌آموزان در زندگی روزمره و مسائل اجتماعی با تصمیم‌های متعددی مواجه‌اند و کمیابی منابع و پیامدهای زیست‌محیطی، ضرورت توانایی تشخیص و ارزیابی گزینه‌های مختلف را افزایش می‌دهد.

در مطالعه‌ای دیگر، Siegel (2006) تصمیم‌گیری دانش‌آموزان دبیرستانی درباره مسائل مرتبط با پایداری، فناوری و جامعه را بررسی کرد. دانش‌آموزان در جریان یک دوره آموزشی با شواهد علمی درباره مسائل جاری مواجه شدند و بخشی از دانش‌آموزان از یک ابزار رایانه‌ای برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری استفاده کردند. نتایج نشان داد که پیشرفت دانش‌آموزان در استفاده از شواهد و سنجش مزایا و معایب محدود بود، اما گروهی که از ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری استفاده کرده بود، پیشرفت بیشتری نشان داد. این یافته اهمیت فراهم کردن داربست‌های آموزشی برای استدلال و تصمیم‌گیری را برجسته می‌کند (Siegel, 2006).

پژوهش Lind، Pelger و Jakobsson (2022) نیز نشان داد که فعالیت‌های طراحی در آموزش فناوری می‌توانند زمینه‌ای برای توسعه دانش دانش‌آموزان درباره فناوری‌های نوظهور و ارتباط آنها با مسائل پایداری فراهم کنند. نویسندگان بر اهمیت توانایی دانش‌آموزان برای کنترل فناوری و اتخاذ تصمیم‌های آگاهانه درباره آن تأکید کرده‌اند. این مطالعه از این جهت با پژوهش حاضر مرتبط است که نشان می‌دهد فعالیت عملی و طراحی می‌تواند بستر مناسبی برای شکل‌گیری قضاوت درباره فناوری باشد؛ با این حال، تمرکز آن بر آموزش تصمیم‌گیری هنگام انتخاب و مصرف منابع نیست.

ادبیات جدیدتر آموزش فناوری و توسعه پایدار نیز این ارتباط را پررنگ‌تر کرده است Andersen و همکاران (2026) در یک مرور دامنه‌ای درباره آموزش فناوری برای توسعه پایدار، نشان دادند که رابطه فناوری و پایداری در آموزش مدرسه‌ای ابعاد مختلفی دارد و فناوری هم می‌تواند ابزار دستیابی به استفاده کارآمدتر از منابع باشد و هم خود به مصرف منابع و انرژی و پیامدهای زیست‌محیطی منجر شود. این دوگانگی ضرورت نگاه انتقادی به انتخاب‌ها و کاربردهای فناورانه را برجسته می‌کند.

همچنین Sundler و همکاران (2026) در بررسی فرصت‌های پیوند آموزش فناوری و توسعه پایدار، سه حوزه مهم را برجسته کرده‌اند: رفاه و ایمنی، استفاده پایدار از منابع، و توسعه و همکاری فناوری. آنان بر نقش آموزش فناوری در آماده کردن دانش‌آموزان برای اتخاذ تصمیم‌های آگاهانه در زندگی روزمره و آینده شغلی تأکید دارند. این یافته با موضوع حاضر ارتباط مستقیمی دارد؛ زیرا انتخاب و مصرف منابع دقیقاً در نقطه اتصال آموزش فناوری، ایمنی، کارآمدی منابع و تصمیم‌گیری قرار می‌گیرد.

پژوهش‌های جدید درباره مصرف پایدار دانش‌آموزان دوره متوسطه نیز نشان می‌دهند که موقعیت‌های آموزشی مرتبط با مصرف می‌توانند برای پرورش تفکر انتقادی، تفکر سیستمی و تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گیرند (Peter et al., 2026). این رویکرد اهمیت آن را نشان می‌دهد که دانش‌آموز فقط «بداند» یک انتخاب چه پیامدی دارد، بلکه بتواند این اطلاعات را در یک موقعیت تصمیم‌گیری واقعی به کار گیرد.

۳-۳. جمع‌بندی پیشینه و جایگاه پژوهش حاضر

مقایسه پژوهش‌های داخلی و خارجی نشان می‌دهد که ادبیات موجود، هرکدام بخشی از مبانی لازم برای پژوهش حاضر را فراهم کرده‌اند. پژوهش‌های داخلی بیشتر بر ماهیت شایستگی‌محور و عملی درس کار و فناوری، تفکر طراحی و پیامدهای آموزشی فعالیت‌های فناوریانه تمرکز داشته‌اند. در مقابل، مطالعات خارجی به‌صورت صریح‌تر به تصمیم‌گیری فناوریانه، ساختار مراحل تصمیم‌گیری، تفکر انتقادی، ارزیابی گزینه‌ها و ارتباط تصمیم‌های فناوریانه با پایداری و مصرف منابع پرداخته‌اند.

باین‌حال، در منابع بررسی‌شده، سه خلأ قابل توجه مشاهده می‌شود. نخست، بخش مهمی از مطالعات داخلی، تصمیم‌گیری را به‌صورت یک پیامد کلی مانند «تصمیم‌گیری مسئولانه» بررسی کرده‌اند و کمتر آن را به‌عنوان یک فرایند اختصاصی در موقعیت‌های فناوریانه مدل‌سازی کرده‌اند. دوم، پژوهش‌های خارجی مرتبط با تصمیم‌گیری فناوریانه، اگرچه چارچوب‌هایی برای تحلیل محدودیت‌ها و مقایسه راحل‌ها ارائه کرده‌اند، الزاماً بر مسئله انتخاب و مصرف منابع در بستر درس کار و فناوری دوره اول متوسطه ایران متمرکز نیستند. سوم، پیوند هم‌زمان میان معیارهای فنی، اقتصادی، ایمنی و زیست‌محیطی در تصمیم‌گیری درباره منابع، در قالب یک الگوی آموزشی منسجم برای این دوره تحصیلی کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

از این‌رو، پژوهش حاضر در پی آن نیست که صرفاً یک روش تدریس جدید برای درس کار و فناوری پیشنهاد کند؛ بلکه هدف آن، صورت‌بندی تصمیم‌گیری فناوریانه درباره انتخاب و مصرف منابع به‌عنوان یک شایستگی قابل آموزش و سپس سازمان‌دهی مؤلفه‌ها و مراحل آن در قالب یک الگوی آموزشی است. در این الگو، انتخاب منبع به‌عنوان یک «تصمیم» در نظر گرفته می‌شود که نیازمند شناخت مسئله، شناسایی گزینه‌ها، تعیین معیارها، مقایسه، پیش‌بینی پیامدها، توجیه انتخاب و امکان‌بازنگری است.

بنابراین، جایگاه پژوهش حاضر در ادبیات موضوع را می‌توان در نقطه تلاقی سه حوزه دانست: آموزش کار و فناوری، آموزش تصمیم‌گیری فناوریانه، و آموزش استفاده مسئولانه و پایدار از منابع. این ترکیب، وجه تمایز اصلی پژوهش حاضر با مطالعاتی است که هر یک از این حوزه‌ها را به‌صورت جداگانه بررسی کرده‌اند.

۴. مبانی نظری و چارچوب مفهومی پژوهش

۴-۱. مفهوم تصمیم‌گیری و جایگاه آن در یادگیری

تصمیم‌گیری یکی از فرایندهای اساسی شناختی است که فرد در جریان آن، از میان دو یا چند گزینه، بر اساس اطلاعات، معیارها و شرایط موجود، یک گزینه یا مسیر عمل را انتخاب می‌کند. اگرچه بخشی از تصمیم‌های روزمره به‌صورت سریع و شهودی انجام می‌شوند، تصمیم‌هایی که با مسائل پیچیده، پیامدهای متفاوت یا محدودیت‌های متعدد همراه‌اند، به بررسی آگاهانه گزینه‌ها و مقایسه آنها نیاز دارند. در آموزش نیز تصمیم‌گیری صرفاً یک مهارت عمومی خارج از فرایند یادگیری نیست، بلکه می‌تواند به‌عنوان بخشی از شایستگی‌های شناختی دانش‌آموز و هدفی برای طراحی موقعیت‌های یادگیری مورد توجه قرار گیرد. مرور نظام‌مند Gresch و همکاران درباره تصمیم‌گیری دانش‌آموزان در آموزش توسعه پایدار نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از پژوهش‌های این حوزه، تصمیم‌گیری را به‌عنوان یک شایستگی قابل رشد و قابل سنجش مورد توجه قرار داده‌اند (Gresch et al., 2018).

در منابع آموزشی فارسی نیز بر ضرورت ایجاد فرصت برای تمرین انتخاب و تصمیم‌گیری در فرایند یاددهی - یادگیری تأکید شده است. سپاسی (۱۴۰۰) با اشاره به جایگاه انتخاب و تصمیم‌گیری در توصیف دانش‌آموز مطلوب در برنامه درسی ملی، تأکید می‌کند که فرایند آموزشی می‌تواند زمینه تقویت این توانایی‌ها را فراهم کند. از این منظر، تصمیم‌گیری نه فقط نتیجه یادگیری، بلکه می‌تواند بخشی از فرایند یادگیری و طراحی آموزشی باشد.

۴-۲. تصمیم‌گیری فناوریانه به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های سواد فناوریانه

تصمیم‌گیری فناورانه با تصمیم‌گیری عمومی تفاوت دارد؛ زیرا موضوع تصمیم در اینجا با یک نیاز، مسئله، محصول، ابزار، ماده، فرایند یا سامانه فناورانه ارتباط دارد. بنابراین، تصمیم فناورانه معمولاً تحت تأثیر محدودیت‌های فنی و عملی قرار دارد و کیفیت آن را نمی‌توان صرفاً بر اساس ترجیح شخصی تعیین کرد.

Avsec و Jamšek (2016) در چارچوبی برای سنجش جامع سواد فناورانه دانش‌آموزان، سه مؤلفه اصلی شامل دانش، قابلیت‌ها و تفکر انتقادی و تصمیم‌گیری را در نظر گرفتند. قرار گرفتن تصمیم‌گیری در کنار دانش و قابلیت‌های عملی نشان می‌دهد که از دیدگاه آنان، سواد فناورانه زمانی کامل‌تر می‌شود که فرد بتواند دانش و توانایی‌های خود را برای قضاوت و انتخاب در موقعیت‌های فناورانه به کار گیرد.

این دیدگاه برای دوره اول متوسطه اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا دانش‌آموز در این دوره از یک سو با ابزارها و فرایندهای فناورانه متنوع‌تری مواجه می‌شود و از سوی دیگر، انتظار می‌رود از اجرای صرف دستورالعمل‌ها فاصله گرفته و در فعالیت‌های یادگیری، نقش فعال‌تری داشته باشد. بنابراین، آموزش تصمیم‌گیری فناورانه می‌تواند پلی میان «دانستن»، «انجام دادن» و «قضاوت کردن» ایجاد کند.

۳-۴. ویژگی‌های تصمیم‌گیری فناورانه

تصمیم‌گیری فناورانه را می‌توان دارای چند ویژگی اساسی دانست.

نخست، چندگزینه‌ای بودن موقعیت تصمیم است. زمانی که فقط یک گزینه از پیش تعیین شده وجود دارد، فضای محدودی برای تصمیم‌گیری واقعی باقی می‌ماند. تصمیم زمانی معنا پیدا می‌کند که فرد بتواند دست‌کم دو یا چند گزینه را در نظر بگیرد و درباره مناسب‌ترین آنها قضاوت کند.

دوم، وابستگی تصمیم به معیار است. گزینه‌ها باید بر اساس معیارهایی مقایسه شوند که با هدف و شرایط مسئله ارتباط دارند. این معیارها می‌توانند شامل عملکرد، هزینه، دسترسی، ایمنی، دوام، زمان، مصرف مواد یا انرژی و پیامدهای زیست‌محیطی باشند.

سوم، وجود محدودیت است. در موقعیت‌های فناورانه، منابع، زمان، امکانات و شرایط اجرا معمولاً نامحدود نیستند. بنابراین، دانش‌آموز باید یاد بگیرد که یک گزینه را نه در شرایط ایده‌آل، بلکه در ارتباط با محدودیت‌های واقعی ارزیابی کند.

چهارم، وجود پیامد است. هر انتخاب فناورانه می‌تواند پیامدهایی داشته باشد. بنابراین، دانش‌آموز باید بتواند تا حد امکان پیامدهای انتخاب خود را پیش‌بینی کند و آنها را در تصمیم نهایی وارد سازد.

پنجم، قابلیت بازنگری است. تصمیم فناورانه الزاماً غیرقابل تغییر نیست. اگر اطلاعات جدیدی به دست آید یا نتیجه انتخاب با انتظار اولیه تفاوت داشته باشد، فرد باید بتواند تصمیم خود را دوباره بررسی کند.

این ویژگی‌ها با چارچوب پیشنهادی Asada، Yata و Ban (2019) همخوانی دارند. آنان در آموزش تصمیم‌گیری فناورانه، مراحل شامل تحلیل شرایط محدودکننده، ارزیابی راحل، مقایسه و بررسی راحل‌ها و تعیین راحل را در نظر گرفتند. اجرای این چارچوب در یک درس فناوری با ۱۷۲ دانش‌آموز نشان داد که می‌توان تصمیم‌گیری فناورانه را به یک فرایند آموزشی ساختاریافته تبدیل کرد.

۴-۴. انتخاب و مصرف منابع به عنوان موقعیت تصمیم‌گیری فناورانه

در پژوهش حاضر، «منابع» مفهومی گسترده دارد و صرفاً به مواد اولیه مورد استفاده برای ساخت یک محصول محدود نمی‌شود. ماده، ابزار، انرژی، زمان، اطلاعات و امکانات موجود را می‌توان در زمره منابعی دانست که دانش‌آموز ممکن است در فعالیت فناورانه درباره آنها تصمیم‌گیری کند.

برای مثال، فرض کنیم دانش‌آموز باید یک وسیله ساده را بسازد و چند ماده در اختیار دارد. اگر معلم ماده مشخصی را از ابتدا تعیین کند، دانش‌آموز صرفاً نحوه استفاده از آن را یاد می‌گیرد. اما اگر چند ماده با ویژگی‌های متفاوت در اختیار او قرار گیرد و از وی خواسته شود مناسب‌ترین گزینه را انتخاب کند، فعالیت به یک موقعیت تصمیم‌گیری تبدیل می‌شود. در این حالت، دانش‌آموز ممکن است استحکام، قیمت، دسترسی، ایمنی، میزان دورریز و قابلیت استفاده مجدد را هم‌زمان مورد توجه قرار دهد.

بنابراین، «انتخاب منابع» در این پژوهش به معنای انتخاب منفعلاًنه یک وسیله یا ماده نیست؛ بلکه به معنای **قضاوت درباره تناسب یک منبع با هدف، شرایط، محدودیت‌ها و پیامدهای یک فعالیت فناورانه است.**

این برداشت با رویکردهای آموزش فناوری برای پایداری نیز سازگار است. در آموزش مرتبط با توسعه پایدار، تصمیم‌گیری زمانی معنا پیدا می‌کند که دانش‌آموز بتواند اطلاعات مربوط به پیامدهای گزینه‌های مختلف را در فرایند انتخاب وارد کند. مرور نظام‌مند Gresch و همکاران (2018) نشان می‌دهد که در پژوهش‌های مربوط به تصمیم‌گیری و آموزش توسعه پایدار، توجه به ساختار تصمیم، کیفیت تصمیم و رشد توانایی تصمیم‌گیری از محورهای اصلی بوده است.

از این منظر، انتخاب و مصرف منابع می‌تواند یکی از موقعیت‌های عینی و قابل فهم برای تمرین تصمیم‌گیری فناورانه باشد؛ زیرا دانش‌آموز با محدودیت‌هایی مواجه می‌شود که می‌توان آنها را در فعالیت عملی مشاهده و تجربه کرد.

۴-۵. ارتباط تصمیم‌گیری فناوریانه با تفکر انتقادی

تصمیم‌گیری فناوریانه بدون نوعی تفکر انتقادی درباره اطلاعات و گزینه‌ها کامل نمی‌شود. دانش‌آموز باید بتواند اطلاعات مرتبط را از اطلاعات نامرتبط جدا کند، ادعاهای مربوط به گزینه‌ها را بررسی کند، معیارهای مناسب را تشخیص دهد و درباره دلایل انتخاب خود توضیح ارائه کند.

Avsec و Jamšek (2016) نیز تصمیم‌گیری را در کنار تفکر انتقادی در ساختار سواد فناوریانه قرار داده‌اند. از این دیدگاه، دانش‌آموز باسواد فناوریانه تنها مصرف‌کننده فناوری نیست؛ بلکه باید بتواند درباره انتخاب‌ها و پیامدهای فناوریانه قضاوت کند.

این مسئله در موقعیت‌هایی که گزینه‌ها مزایا و معایب همزمان دارند، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. برای مثال، اگر یک ماده ارزان‌تر اما کم‌دوام‌تر باشد و ماده دیگری گران‌تر اما بادوام‌تر، پاسخ واحد و مطلقی برای همه موقعیت‌ها وجود ندارد. دانش‌آموز باید ابتدا هدف را مشخص کند و سپس بر اساس اهمیت معیارها تصمیم بگیرد. بنابراین، هدف آموزش تصمیم‌گیری فناوریانه، الزاماً یافتن یک «بهترین گزینه» مستقل از شرایط نیست؛ بلکه یادگیری فرایندی است که طی آن مناسب‌ترین گزینه برای یک موقعیت مشخص تعیین می‌شود.

۴-۶. نقش محدودیت‌ها در تصمیم‌گیری فناوریانه

محدودیت یکی از عناصر متمایزکننده تصمیم‌گیری فناوریانه از انتخاب‌های سلیقه‌ای است. در یک مسئله فناوریانه، تصمیم باید در شرایط واقعی اتخاذ شود؛ بنابراین، زمان، بودجه، ابزار در دسترس، ویژگی مواد، سطح مهارت، ایمنی و شرایط محیطی می‌توانند دامنه انتخاب را محدود کنند.

Asada و همکاران (2019) نیز «تحلیل شرایط محدودکننده» را نخستین مرحله چارچوب تصمیم‌گیری فناوریانه خود قرار داده‌اند. این انتخاب نظری مهم است؛ زیرا پیش از آنکه دانش‌آموز بتواند گزینه‌ها را مقایسه کند، باید بداند در چه شرایطی قرار دارد و چه محدودیت‌هایی بر تصمیم او حاکم است.

در الگوی پژوهش حاضر، این مؤلفه به‌عنوان یکی از پایه‌های تصمیم‌گیری در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر، دانش‌آموز ابتدا باید مسئله و هدف را بشناسد و محدودیت‌های موجود را مشخص کند؛ سپس گزینه‌ها را در همان چارچوب مقایسه کند. چنین رویکردی از شکل‌گیری انتخاب‌های صرفاً سلیقه‌ای جلوگیری می‌کند.

۴-۷. تصمیم‌گیری فناوریانه و پایداری منابع

یکی از ابعاد مهم تصمیم‌گیری درباره منابع، توجه به پیامدهای مصرف آنهاست. در شرایطی که منابع طبیعی و انرژی محدود هستند، آموزش فناوری نمی‌تواند نسبت به میزان مصرف، دورریز، امکان استفاده مجدد و پیامدهای محیط‌زیستی انتخاب‌ها بی‌تفاوت باشد.

پژوهش‌های مرتبط با آموزش پایداری نشان داده‌اند که تصمیم‌گیری درباره مسائل فناوریانه و اجتماعی اغلب مستلزم وزن‌دهی همزمان به عوامل متعدد است و دانش‌آموزان ممکن است در تعیین اهمیت نسبی این عوامل با دشواری مواجه شوند. در یک مطالعه درباره استدلال و تصمیم‌گیری دانش‌آموزان، توجه به همزمانی دانش، ارزش‌ها و تجربه در شکل‌گیری تصمیم‌ها مورد تأکید قرار گرفته است (Christenson et al., 2017).

از این منظر، آموزش مصرف منابع در درس کار و فناوری نباید تنها به توصیه‌های کلی مانند «کمتر مصرف کردن» محدود شود. دانش‌آموز باید بتواند رابطه میان هدف فعالیت، مقدار منابع مورد نیاز، ویژگی گزینه‌ها و پیامدهای احتمالی را درک کند و سپس بر مبنای این اطلاعات تصمیم بگیرد. چنین رویکردی، مفهوم مصرف مسئولانه را از یک توصیه اخلاقی به یک فرایند شناختی و تصمیم‌محور تبدیل می‌کند.

۴-۸. نقش موقعیت‌های واقعی و چندگزینه‌ای در آموزش تصمیم‌گیری

برای آموزش تصمیم‌گیری، ارائه اطلاعات به‌تنهایی کافی نیست. دانش‌آموز باید در موقعیتی قرار گیرد که واقعاً نیازمند انتخاب باشد. مرور نظام‌مند Gresch و همکاران (2018) نیز نشان می‌دهد که یکی از مسائل مهم در پژوهش‌های تصمیم‌گیری آموزشی، چگونگی ایجاد موقعیت‌هایی است که دانش‌آموز در آنها بتواند تصمیم‌گیری را به‌صورت واقعی تجربه کند.

در آموزش کار و فناوری، این موقعیت‌ها می‌توانند بسیار ملموس باشند؛ مانند انتخاب نوع چوب، پلاستیک یا مقوا برای یک محصول، انتخاب ابزار مناسب برای انجام یک کار، انتخاب شیوه‌ای کم‌مصرف‌تر برای انجام فعالیت، انتخاب یک منبع اطلاعاتی قابل اعتماد یا تصمیم‌گیری درباره استفاده مجدد از مواد باقی‌مانده.

بنابراین، در الگوی پیشنهادی پژوهش حاضر، «موقعیت تصمیم‌گیری» باید دارای چند ویژگی باشد: وجود مسئله یا نیاز مشخص، وجود حداقل دو گزینه، وجود معیارهای قابل مقایسه، وجود محدودیت، امکان پیش‌بینی پیامدها و امکان توضیح و دفاع از انتخاب. چنین موقعیتی، دانش‌آموز را از اجرای دستورالعمل به سمت قضاوت و استدلال سوق می‌دهد.

۴-۹. چارچوب مفهومی پژوهش حاضر

با جمع‌بندی مباحث نظری و پژوهش‌های بررسی‌شده، تصمیم‌گیری فناورانه در این پژوهش به‌صورت یک فرایند مرحله‌ای و در عین حال بازتعریف‌پذیر مفهوم‌سازی می‌شود. این فرایند از مواجهه با یک نیاز یا مسئله آغاز می‌شود و پس از شناسایی گزینه‌ها، تعیین معیارها و توجه به محدودیت‌ها، به مقایسه و ارزیابی گزینه‌ها، پیش‌بینی پیامدها، انتخاب و توجیه گزینه مناسب و در نهایت امکان بازنگری در تصمیم منتهی می‌شود. بر این اساس، چارچوب مفهومی اولیه پژوهش شامل هفت مؤلفه اصلی است:

1. تشخیص نیاز یا مسئله فناورانه
2. شناسایی یا تولید گزینه‌های ممکن
3. شناسایی معیارها و محدودیت‌های تصمیم
4. مقایسه و ارزیابی گزینه‌ها
5. پیش‌بینی پیامدهای فنی، اقتصادی، ایمنی و محیط‌زیستی
6. انتخاب و توجیه گزینه مناسب
7. بازنگری و اصلاح تصمیم بر اساس اطلاعات یا پیامدهای جدید

این ساختار از یک سو با چارچوب تصمیم‌گیری فناورانه Asada و همکاران (2019) درباره تحلیل محدودیت‌ها، ارزیابی و مقایسه راحل‌ها هم‌راستا است و از سوی دیگر، با نگاه Avsec و Jamšek (2016) به تصمیم‌گیری و تفکر انتقادی به‌عنوان بخشی از سواد فناورانه سازگار است.

نکته مهم آن است که این هفت مؤلفه به‌عنوان مراحل کاملاً خطی و غیرقابل بازگشت در نظر گرفته نمی‌شوند. در موقعیت‌های واقعی، ممکن است دانش‌آموز پس از مقایسه گزینه‌ها متوجه شود که معیارهای اولیه کافی نبوده‌اند یا پس از انتخاب یک گزینه، پیامدی پیش‌بینی‌نشده مشاهده کند. در این حالت، بازگشت به مراحل قبلی و اصلاح تصمیم بخشی از شایستگی تصمیم‌گیری محسوب می‌شود. بنابراین، مدل مفهومی پژوهش حاضر ماهیتی **مرحله‌ای - بازگشتی** دارد. در نهایت، مبنای نظری پژوهش حاضر بر این فرض استوار است که اگر دانش‌آموزان در موقعیت‌های فناورانه واقعی یا شبه‌واقعی، به‌طور هدفمند با انتخاب‌های چندمعیاری مواجه شوند و برای مقایسه، استدلال، پیش‌بینی پیامد و توجیه تصمیم خود فرصت داشته باشند، زمینه مناسب‌تری برای رشد تصمیم‌گیری فناورانه فراهم خواهد شد. از همین مبنا، در بخش روش پژوهش، نحوه تبدیل این چارچوب مفهومی به مؤلفه‌ها، مراحل و شاخص‌های الگوی آموزشی بررسی خواهد شد.

۵. روش پژوهش

۵-۱. طرح و رویکرد پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، پژوهشی کاربردی - توسعه‌ای و از نظر رویکرد، پژوهشی کیفی با جهت‌گیری طراحی آموزشی است که با هدف طراحی الگوی آموزش تصمیم‌گیری فناورانه در انتخاب و مصرف منابع برای دانش‌آموزان دوره اول متوسطه انجام شده است. منطق اصلی پژوهش بر این اساس استوار است که ابتدا مؤلفه‌ها و الزامات تصمیم‌گیری فناورانه از طریق بررسی منابع علمی و اسناد مرتبط شناسایی شود، سپس این مؤلفه‌ها در قالب یک ساختار آموزشی منسجم سازمان‌دهی شوند و در مرحله بعد، الگوی حاصل از نظر تناسب محتوایی و آموزشی مورد بررسی خبرگان قرار گیرد.

انتخاب رویکرد کیفی برای مرحله نخست پژوهش، ناشی از ماهیت اکتشافی مسئله است؛ زیرا هدف صرفاً اندازه‌گیری میزان وجود یک متغیر نیست، بلکه شناسایی مؤلفه‌ها، روابط میان آنها و نحوه تبدیل یک مفهوم نسبتاً کلی مانند «تصمیم‌گیری فناورانه» به مجموعه‌ای از مراحل و فعالیت‌های آموزشی است. در مطالعات آموزش فناوری نیز طراحی چارچوب‌های تصمیم‌گیری بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های شایستگی فناورانه و سپس تبدیل آنها به مراحل آموزشی سابقه دارد. برای نمونه، Asada و همکاران (2019) ابتدا چارچوب تصمیم‌گیری فناورانه را صورت‌بندی کردند و سپس آن را در قالب یک روش آموزشی در کلاس فناوری به کار گرفتند.

۵-۲. مراحل اجرای پژوهش

فرایند پژوهش در چهار مرحله اصلی سازمان‌دهی شد:

مرحله اول: شناسایی و تحلیل مبانی نظری و پژوهشی

در این مرحله، منابع علمی مرتبط با سواد فناورانه، تصمیم‌گیری فناورانه، آموزش فناوری، تفکر انتقادی، انتخاب و مصرف منابع، پایداری و تصمیم‌گیری چندمعیاره بررسی شد. در انتخاب منابع، اولویت با پژوهش‌های منتشرشده در مجلات علمی معتبر، مطالعات مستقیم حوزه Technology Education و Design and Technology Education و همچنین اسناد رسمی برنامه درسی و آموزش کار و فناوری بود.

مطالعاتی مانند پژوهش Avsec و Jamšek (2016) که تصمیم‌گیری و تفکر انتقادی را در کنار دانش و قابلیت‌های عملی، بخشی از سواد فناورانه می‌داند، برای استخراج مؤلفه‌های شناختی الگو مورد استفاده قرار گرفت. همچنین

پژوهش Asada و همکاران (2019) به دلیل تمرکز مستقیم بر آموزش مهارت تصمیم‌گیری در آموزش فناوری، مبنای مهمی برای شناسایی مراحل فرایند تصمیم‌گیری قرار گرفت.

در بخش منابع داخلی نیز پژوهش‌های مرتبط با برنامه درسی کار و فناوری و رویکردهای نوین آموزش این حوزه بررسی شد. برای نمونه، ابوالحسنی و دهقانی (۱۴۰۲) نشان داده‌اند که آموزش کار و فناوری مبتنی بر تفکر طراحی می‌تواند بر شایستگی‌های هیجانی - اجتماعی دانش‌آموزان، از جمله تصمیم‌گیری مسئولانه، اثرگذار باشد. این یافته در پژوهش حاضر به‌عنوان پشتوانه‌ای برای ظرفیت درس کار و فناوری در پرورش شایستگی‌های فراتر از مهارت‌های فنی مورد توجه قرار گرفت.

مرحله دوم: استخراج و دسته‌بندی مؤلفه‌ها

پس از مطالعه منابع، مفاهیم و مؤلفه‌های مرتبط با تصمیم‌گیری فناورانه استخراج و در دسته‌های مفهومی قرار گرفتند. در این مرحله، تلاش شد میان مفاهیمی که صرفاً به «تصمیم‌گیری عمومی» مربوط‌اند و مؤلفه‌هایی که ماهیت فناورانه دارند، تمایز ایجاد شود.

برای مثال، «وجود گزینه‌های متعدد» به‌تنهایی یک ویژگی عمومی تصمیم‌گیری است؛ اما هنگامی که گزینه‌ها شامل مواد، ابزارها، فناوری‌ها یا روش‌های انجام یک فعالیت فناورانه باشند و انتخاب آنها تحت تأثیر معیارهایی مانند عملکرد، ایمنی، هزینه، دسترسی، دوام و مصرف منابع قرار گیرد، تصمیم واجد ویژگی فناورانه می‌شود.

بر اساس تحلیل انجام‌شده، مؤلفه‌های اولیه در چند محور اصلی سازمان‌دهی شدند:

- شناخت نیاز یا مسئله؛
- شناسایی گزینه‌های ممکن؛
- شناخت محدودیت‌ها و شرایط؛
- تعیین معیارهای تصمیم؛
- گردآوری و بررسی اطلاعات؛
- مقایسه گزینه‌ها؛
- ارزیابی پیامدها؛
- انتخاب گزینه؛
- استدلال و توجیه انتخاب؛
- بازنگری تصمیم.

این دسته‌بندی با یافته‌های Asada و همکاران (2019) درباره اهمیت تحلیل محدودیت‌ها، ارزیابی راحل‌ها و مقایسه گزینه‌ها هم‌راستا است، اما برای مسئله خاص انتخاب و مصرف منابع در پژوهش حاضر توسعه داده شده است.

مرحله سوم: طراحی الگوی آموزشی

در این مرحله، مؤلفه‌های استخراج‌شده از حالت مفهومی خارج و به اجزای یک الگوی آموزشی تبدیل شدند. منظور از الگوی آموزشی در پژوهش حاضر، مجموعه‌ای سازمان‌یافته از اهداف، مراحل یادگیری، نقش معلم و دانش‌آموز، نوع موقعیت یادگیری، فعالیت‌های پیشنهادی و شیوه ارزیابی است که می‌تواند تصمیم‌گیری فناورانه را به‌صورت مستقیم در فرایند تدریس آموزش دهد.

اصل اساسی در طراحی الگو آن است که دانش‌آموز نباید صرفاً درباره تصمیم‌گیری اطلاعات دریافت کند، بلکه باید در موقعیت‌هایی قرار گیرد که واقعاً نیازمند تصمیم‌گیری باشند. به همین دلیل، فعالیت‌های پیشنهادی باید دارای مسئله یا نیاز مشخص، چند گزینه، محدودیت و معیارهای قابل مقایسه باشند.

برای مثال، به جای آنکه معلم صرفاً روش ساخت یک محصول را ارائه کند و ماده مشخصی را در اختیار همه دانش‌آموزان قرار دهد، می‌توان مسئله‌ای طراحی کرد که در آن چند ماده با ویژگی‌های متفاوت در دسترس باشد. دانش‌آموز باید با توجه به هدف محصول، استحکام، هزینه، دسترسی، ایمنی، میزان دورریز و سایر معیارهای مرتبط، گزینه مناسب را انتخاب و دلیل انتخاب خود را بیان کند.

این نوع طراحی با رویکردهای آموزش فناوری که تصمیم‌گیری را درون موقعیت‌های واقعی و مسئله‌محور قرار می‌دهند، سازگار است. در پژوهش Asada و همکاران (2019) نیز تصمیم‌گیری فناورانه از طریق یک موقعیت مشخص و قابل تجربه برای دانش‌آموزان آموزش داده شد، نه از طریق آموزش انتزاعی مفهوم تصمیم‌گیری.

مرحله چهارم: پیش‌بینی و طراحی فرایند اعتبارسنجی

از آنجا که عنوان پژوهش شامل «اعتبارسنجی الگو» است، اعتبار الگوی پیشنهادی باید به‌صورت مستقل از مرحله طراحی بررسی شود. در این پژوهش، اعتبارسنجی محتوایی و آموزشی الگو باید با استفاده از نظر خبرگان حوزه‌های مرتبط با برنامه‌ریزی درسی، آموزش کار و فناوری و آموزش فناوری انجام شود.

در این مرحله، الگوی اولیه و مؤلفه‌های آن در اختیار خبرگان قرار می‌گیرد و از آنان خواسته می‌شود میزان تناسب هر مؤلفه را از ابعاد مختلف، از جمله ارتباط با هدف پژوهش، وضوح، ضرورت، تناسب با سن دانش‌آموزان دوره اول متوسطه، قابلیت اجرا در کلاس و ارتباط با ماهیت درس کار و فناوری ارزیابی کنند.

برای بررسی اعتبار محتوایی می‌توان از شاخص‌های استاندارد نسبت روایی محتوا (CVR) و شاخص روایی محتوا (CVI) استفاده کرد. CVR برای بررسی ضرورت هر مؤلفه و CVI برای بررسی میزان ارتباط، وضوح و تناسب مؤلفه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از دریافت نظر خبرگان، مؤلفه‌هایی که از نظر محتوایی یا آموزشی نیازمند اصلاح باشند، بازنگری خواهند شد.

باین‌حال، در گزارش علمی پژوهش، تعداد خبرگان، مشخصات آنان، میزان توافق و مقادیر CVR و CVI باید صرفاً بر اساس داده واقعی حاصل از اجرای این مرحله گزارش شود. بنابراین، در نسخه حاضر از ارائه اعداد یا نتایج فرضی خودداری می‌شود.

۵-۳. جامعه منابع و ملاک انتخاب مطالعات

جامعه مطالعاتی پژوهش شامل منابع علمی فارسی و انگلیسی مرتبط با محورهای زیر بود:

1. سواد فناورانه و شایستگی فناورانه؛
 2. تصمیم‌گیری فناورانه؛
 3. آموزش فناوری و آموزش کار و فناوری؛
 4. تفکر انتقادی در آموزش فناوری؛
 5. انتخاب و ارزیابی گزینه‌های فناورانه؛
 6. مصرف و مدیریت منابع در فعالیت‌های فناورانه؛
 7. فناوری و توسعه پایدار؛
 8. تفکر طراحی و تصمیم‌گیری در فعالیت‌های فناورانه.
- در انتخاب منابع، نزدیکی مفهومی به مسئله پژوهش، اعتبار علمی منبع، ارتباط با گروه سنی مورد مطالعه و قابلیت استفاده از یافته‌ها در طراحی آموزشی مورد توجه قرار گرفت.
- در بخش مطالعات بین‌المللی، پژوهش‌هایی که مستقیماً به آموزش فناوری و تصمیم‌گیری فناورانه پرداخته‌اند، اولویت داشتند. برای نمونه، مطالعه Asada و همکاران (2019) به دلیل آنکه مستقیماً در آموزش فناوری دوره متوسطه به آموزش تصمیم‌گیری پرداخته است، اهمیت بیشتری از مطالعات عمومی تصمیم‌گیری دارد. همچنین مطالعه Avsec و Jamšek (2016) به دلیل تعریف سواد فناورانه در ارتباط با دانش، قابلیت‌ها، تفکر انتقادی و تصمیم‌گیری، مبنای نظری مهمی برای پژوهش حاضر محسوب می‌شود.
- در منابع فارسی نیز علاوه بر پژوهش‌های دانشگاهی، اسناد برنامه درسی و منابع تخصصی حوزه کار و فناوری مورد توجه قرار گرفتند تا الگوی پیشنهادی صرفاً بر مبنای ادبیات خارجی شکل نگیرد و با اهداف و اقتضائات برنامه درسی ایران نیز سازگار باشد.

۵-۴. روش تحلیل اطلاعات

اطلاعات گردآوری‌شده از منابع با استفاده از تحلیل مفهومی و دسته‌بندی موضوعی بررسی شد. در این فرایند، ابتدا مفاهیم مرتبط با تصمیم‌گیری فناورانه از منابع استخراج شدند؛ سپس مفاهیم دارای شباهت در مقوله‌های مشترک قرار گرفتند و در نهایت، روابط میان مقوله‌ها برای تشکیل ساختار الگوی آموزشی بررسی شد.

برای جلوگیری از تحمیل یک چارچوب از پیش تعیین‌شده به داده‌ها، در تحلیل منابع تلاش شد مؤلفه‌هایی که در مطالعات مختلف با واژگان متفاوت بیان شده‌اند، در صورت برخورداری از معنای مشترک شناسایی و در یک مقوله مفهومی قرار گیرند. برای نمونه، مفاهیمی مانند «تحلیل محدودیت‌ها»، «بررسی شرایط»، «ارزیابی گزینه‌ها» و «مقایسه راحل‌ها» در ارتباط با یکدیگر بررسی شدند تا مشخص شود کدامیک باید به‌عنوان مرحله مستقل در الگو باقی بماند و کدامیک می‌تواند زیرمجموعه مرحله‌ای دیگر قرار گیرد.

در این فرایند، چارچوب تصمیم‌گیری فناورانه Asada و همکاران (2019) یک مبنای مقایسه‌ای مهم بود؛ زیرا این پژوهش به‌طور مشخص فرایند تصمیم‌گیری را در آموزش فناوری به مراحل عملیاتی تبدیل کرده است. در مقابل، چارچوب Avsec و Jamšek (2016) بیشتر نقش مبنای نظری را برای قرار دادن تصمیم‌گیری و تفکر انتقادی در ساختار سواد فناورانه ایفا می‌کند.

۵-۵. ملاحظات روایی و علمی پژوهش

برای افزایش اعتبار علمی الگوی پیشنهادی، سه اصل در فرایند طراحی مورد توجه قرار گرفت. نخست، هم‌استایی نظری؛ به این معنا که هر مؤلفه الگو باید پشتوانه‌ای در ادبیات علمی یا اسناد معتبر آموزشی داشته باشد.

دوم، هم‌استایی با ماهیت درس کار و فناوری؛ یعنی مؤلفه‌های پیشنهادی باید بتوانند در فعالیت‌های واقعی این درس، از جمله فعالیت‌های ساخت، انتخاب ابزار و ماده، استفاده از منابع و حل مسائل فناورانه، کاربرد داشته باشند. سوم، تناسب با سطح تحصیلی دانش‌آموزان دوره اول متوسطه؛ زیرا الگویی که برای دانش‌آموزان بزرگسال یا دانشجویان طراحی شده باشد، الزاماً بدون تعدیل برای دانش‌آموزان دوره اول متوسطه مناسب نیست.

بر این اساس، الگوی نهایی باید هم از نظر نظری با ادبیات تصمیم‌گیری فناورانه سازگار باشد و هم از نظر اجرایی برای محیط واقعی مدرسه قابلیت استفاده داشته باشد. پژوهش داخلی ابوالحسنی و دهقانی (۱۴۰۲) نیز نشان داده است که طراحی مداخله آموزشی متناسب با درس کار و فناوری می‌تواند به شکل تجربی مورد بررسی قرار گیرد؛ از این‌رو، در پژوهش حاضر نیز تأکید بر تبدیل مؤلفه‌های نظری به فعالیت‌های آموزشی عینی است.

۵-۶. ملاحظات مربوط به اعتبارسنجی

اعتبارسنجی در پژوهش حاضر به‌عنوان مرحله‌ای مستقل پس از طراحی الگوی اولیه در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، اعتبار یک مؤلفه صرفاً به این دلیل که در یک یا چند منبع علمی ذکر شده است، قطعی تلقی نمی‌شود. مؤلفه نهایی باید از دو جهت بررسی شود: نخست، اینکه با مبانی نظری و یافته‌های پژوهشی سازگار باشد؛ و دوم، اینکه از دیدگاه متخصصان حوزه آموزش و فناوری، برای هدف و گروه سنی مورد نظر مناسب و قابل اجرا باشد.

این تفکیک میان پشتوانه نظری و اعتبار محتوایی الگو اهمیت روش‌شناختی دارد؛ زیرا یک مؤلفه ممکن است در ادبیات بین‌المللی اهمیت داشته باشد، اما به دلیل تفاوت در برنامه درسی، امکانات مدرسه یا ویژگی‌های دانش‌آموزان، نیازمند تعدیل برای بافت آموزشی ایران باشد.

بر این اساس، یافته‌های مرحله طراحی و یافته‌های مرحله اعتبارسنجی در گزارش نهایی پژوهش از یکدیگر تفکیک خواهند شد. مؤلفه‌های استخراج‌شده از ادبیات، ابتدا در قالب الگوی اولیه ارائه می‌شوند و سپس اصلاحات حاصل از فرایند اعتبارسنجی در نسخه نهایی الگو اعمال خواهد شد.

۶. یافته‌ها: طراحی الگوی آموزش تصمیم‌گیری فناورانه

۶-۱. منطق طراحی الگوی پیشنهادی

بررسی مبانی نظری و پیشینه پژوهش نشان داد که تصمیم‌گیری فناورانه را نمی‌توان به انتخاب نهایی یک ابزار، ماده یا روش تقلیل داد. در یک موقعیت فناورانه، تصمیم زمانی واجد کیفیت آموزشی است که دانش‌آموز بتواند نیاز یا مسئله را تشخیص دهد، گزینه‌های ممکن را شناسایی کند، محدودیت‌ها و معیارهای تصمیم را بشناسد، گزینه‌ها را با یکدیگر مقایسه کند، پیامدهای احتمالی انتخاب‌ها را در نظر بگیرد و در نهایت، تصمیم خود را بر اساس دلایل مشخص توجیه کند.

این برداشت با چارچوب Asada، Yata و Ban (2019) همخوان است. آنان در آموزش تصمیم‌گیری فناورانه، چهار فرایند اصلی شامل تحلیل شرایط محدودکننده، ارزیابی راحل، مقایسه و بررسی راحل‌ها و تعیین راحل را پیشنهاد کردند و آن را در آموزش فناوری دوره متوسطه به کار گرفتند. اجرای این چارچوب در یک موقعیت آموزشی برای ۱۷۲ دانش‌آموز نشان داد که می‌توان تصمیم‌گیری مرتبط با فناوری را به یک فرایند آموزشی سازمان‌یافته تبدیل کرد. باین‌حال، برای موضوع پژوهش حاضر، این چارچوب نیازمند توسعه است؛ زیرا مسئله مورد نظر فقط «انتخاب یک راحل فناورانه» نیست، بلکه انتخاب و مصرف منابع برای دستیابی به یک هدف فناورانه است. در نتیجه، لازم است علاوه بر تحلیل محدودیت‌ها و مقایسه گزینه‌ها، موضوعاتی مانند میزان مصرف، ایمنی، دوام، هزینه، دسترسی و پیامدهای محیط‌زیستی نیز در فرایند تصمیم وارد شوند.

از سوی دیگر، قرار دادن تصمیم‌گیری در ساختار سواد فناورانه نیز با پژوهش Avsec و Jamšek (2016) سازگار است. آنان در مدل سنجش سواد فناورانه دانش‌آموزان ۶ تا ۱۸ سال، دانش، قابلیت‌های عملی و تفکر انتقادی و تصمیم‌گیری را در کنار یکدیگر قرار داده‌اند. بنابراین، الگوی حاضر تصمیم‌گیری را یک مهارت حاشیه‌ای تلقی نمی‌کند، بلکه آن را یکی از مؤلفه‌های قابل آموزش شایستگی فناورانه در نظر می‌گیرد.

بر این اساس، الگوی پیشنهادی پژوهش حاضر در قالب یک فرایند هفت‌مرحله‌ای و بازگشتی طراحی شده است: تشخیص مسئله ← شناسایی گزینه‌ها ← تعیین معیارها و محدودیت‌ها ← گردآوری و تحلیل اطلاعات ← مقایسه و پیش‌بینی پیامدها ← انتخاب و توجیه تصمیم ← بازنگری تصمیم. این مراحل خطی و غیرقابل بازگشت نیستند؛ بلکه دانش‌آموز می‌تواند در صورت دستیابی به اطلاعات جدید یا مشاهده پیامدهای پیش‌بینی‌نشده، به مراحل قبلی بازگردد و تصمیم خود را اصلاح کند.

۶-۲. مرحله اول: تشخیص نیاز یا مسئله فناورانه

نخستین مرحله الگو، ایجاد درک روشن از مسئله یا نیازی است که تصمیم فناورانه برای پاسخ به آن شکل می‌گیرد. در این مرحله، معلم نباید مستقیماً ماده، ابزار یا روش انجام فعالیت را تعیین کند. وظیفه اصلی او ایجاد یک موقعیت مسئله‌محور است که در آن دانش‌آموز با یک نیاز مشخص مواجه شود. برای مثال، به جای آنکه معلم بگوید «برای ساخت این وسیله از مقوا استفاده کنید»، می‌تواند مسئله‌ای مانند این مطرح کند:

می‌خواهیم وسیله‌ای سبک، کم‌هزینه و نسبتاً مقاوم برای نگهداری چند وسیله کوچک بسازیم. چه موادی می‌توانند برای این کار مناسب باشند؟

در چنین شرایطی، تصمیم درباره ماده از قبل تعیین نشده است و دانش‌آموز باید ابتدا مسئله را بفهمد. در این مرحله، دانش‌آموز باید بتواند به پرسش‌هایی مانند موارد زیر پاسخ دهد:

- مسئله چیست؟
 - هدف نهایی چیست؟
 - محصول یا راه‌حل مورد انتظار چه ویژگی‌هایی باید داشته باشد؟
 - چه چیزی باعث می‌شود یک گزینه برای این مسئله مناسب یا نامناسب باشد؟
- بنابراین، نخستین خروجی یادگیری در الگو، صورت‌بندی روشن مسئله و هدف تصمیم است.

۶-۳. مرحله دوم: شناسایی یا تولید گزینه‌های ممکن

پس از مشخص شدن مسئله، دانش‌آموز باید بتواند گزینه‌های قابل بررسی را شناسایی کند. وجود چند گزینه یکی از پیش‌شرط‌های اصلی شکل‌گیری تصمیم واقعی است. در این مرحله، معلم می‌تواند منابع، تصاویر، نمونه‌های واقعی، کاتالوگ‌ها، اطلاعات فنی ساده یا مواد موجود را در اختیار دانش‌آموز قرار دهد؛ اما نباید لزوماً یک گزینه را به‌عنوان پاسخ صحیح معرفی کند. برای مثال، اگر مسئله ساخت یک پایه نگهدارنده باشد، دانش‌آموز می‌تواند موادی مانند مقوا، چوب سبک یا پلاستیک را به‌عنوان گزینه‌های احتمالی بررسی کند. هدف این مرحله آن نیست که دانش‌آموز بلافاصله بهترین گزینه را پیدا کند، بلکه باید دامنه انتخاب‌های ممکن را بشناسد. در این مرحله، نقش معلم از «ارائه‌دهنده پاسخ» به تسهیل‌کننده تولید و شناسایی گزینه‌ها تغییر می‌کند. شواهد یادگیری در این مرحله می‌تواند شامل فهرست گزینه‌ها، طرح اولیه، جدول گزینه‌ها یا توضیح شفاهی دانش‌آموز درباره دلایل انتخاب گزینه‌های قابل بررسی باشد.

۶-۴. مرحله سوم: تعیین معیارها و محدودیت‌های تصمیم

یکی از مهم‌ترین تفاوت‌های تصمیم‌گیری فناورانه با انتخاب سلیقه‌ای، وجود معیارها و محدودیت‌های مشخص است. پژوهش Asada و همکاران (2019) نیز «تحلیل شرایط محدودکننده» را در ابتدای فرایند تصمیم‌گیری فناورانه قرار می‌دهد.

در الگوی حاضر، محدودیت‌ها و معیارها به دو دسته مرتبط اما متمایز تقسیم می‌شوند. الف) محدودیت‌ها
مانند:

- بودجه یا هزینه قابل پرداخت؛
- مواد و ابزارهای موجود؛
- زمان در دسترس؛
- سطح مهارت دانش‌آموز؛
- شرایط ایمنی؛
- فضای موجود برای انجام فعالیت.

ب) معیارهای ارزیابی گزینه‌ها
مانند:

- کارکرد؛
- استحکام و دوام؛
- هزینه؛
- دسترس‌پذیری؛
- ایمنی؛
- میزان مصرف ماده یا انرژی؛
- قابلیت استفاده مجدد یا بازیافت؛
- میزان دورریز؛
- سهولت استفاده یا ساخت.

نکته مهم آن است که همه معیارها در همه موقعیت‌ها وزن یکسانی ندارند. برای مثال، در ساخت یک وسیله آموزشی ساده، هزینه ممکن است اهمیت بیشتری داشته باشد؛ اما در ساخت وسیله‌ای که احتمال آسیب‌دیدگی دارد، ایمنی می‌تواند معیار تعیین‌کننده باشد.

بنابراین، دانش‌آموز باید یاد بگیرد که معیار مناسب را متناسب با مسئله تعیین کند، نه اینکه همیشه از یک فهرست ثابت استفاده کند.

۶-۵. مرحله چهارم: گردآوری و تحلیل اطلاعات

پس از تعیین معیارها، دانش‌آموز باید اطلاعات لازم برای مقایسه گزینه‌ها را جمع‌آوری کند. این اطلاعات می‌تواند از مشاهده مستقیم، تجربه عملی، کتاب درسی، منابع معتبر اینترنتی، برچسب محصولات، جدول مشخصات، گفت‌وگو با معلم یا آزمایش ساده به دست آید. در این مرحله، هدف صرفاً «جمع کردن اطلاعات» نیست. دانش‌آموز باید تشخیص دهد که کدام اطلاعات برای تصمیم او اهمیت دارد.

برای نمونه، اگر دانش‌آموز قصد انتخاب میان دو ماده را دارد، دانستن رنگ ماده ممکن است برای یک مسئله خاص اهمیت زیادی نداشته باشد، اما میزان استحکام، قیمت، وزن یا قابلیت بازیافت آن ممکن است مستقیماً بر تصمیم تأثیر بگذارد.

بنابراین، یکی از شواهد یادگیری در این مرحله می‌تواند توانایی دانش‌آموز در پاسخ به این سؤال باشد: «کدام اطلاعات واقعاً به تصمیم من کمک می‌کند و چرا؟»

این مؤلفه با مفهوم تفکر انتقادی در سواد فناورانه نیز ارتباط دارد Avsec و (2016) Jamšek تفکر انتقادی و تصمیم‌گیری را در کنار دانش و قابلیت‌های عملی، از مؤلفه‌های اصلی سواد فناورانه معرفی کرده‌اند.

۶-۶. مرحله پنجم: مقایسه گزینه‌ها و پیش‌بینی پیامدها

در این مرحله، دانش‌آموز اطلاعات گردآوری‌شده را برای مقایسه گزینه‌ها به کار می‌گیرد. یکی از ابزارهای مناسب برای این مرحله، جدول تصمیم‌گیری چندمعیاره ساده است. برای مثال:

پیامد محیط‌زیستی	مصرف منابع	دسترسی	ایمنی	دوام	هزینه	گزینه
متوسط	متوسط	بالا	بالا	متوسط	کم	گزینه الف
کم	کم	متوسط	بالا	بالا	متوسط	گزینه ب
زیاد	متوسط	کم	متوسط	بالا	بالا	گزینه ج

این جدول قرار نیست به صورت مکانیکی «پاسخ صحیح» تولید کند. هدف آن کمک به دانش‌آموز برای مشاهده تفاوت میان گزینه‌هاست.

در این مرحله، معلم باید دانش‌آموز را به سمت مقایسه و استدلال هدایت کند:

- کدام گزینه مزیت بیشتری دارد؟
- این مزیت در رابطه با کدام معیار است؟
- آیا یک گزینه در یک معیار بهتر و در معیار دیگر ضعیف‌تر است؟
- اگر گزینه الف را انتخاب کنیم، چه پیامدی ممکن است داشته باشد؟
- اگر اطلاعات جدیدی درباره هزینه یا ایمنی به دست آوریم، آیا تصمیم تغییر می‌کند؟

این نوع فعالیت با دیدگاه‌های جدید آموزش فناوری و پایداری نیز همخوان است. پژوهش Engström و Sundqvist (2026) نشان می‌دهد که آموزش فناوری می‌تواند زمینه رشد شایستگی‌هایی مانند تفکر انتقادی، تفکر سیستمی، شایستگی آینده‌نگر و حل مسئله را فراهم کند؛ شایستگی‌هایی که برای تصمیم‌های مرتبط با پایداری اهمیت دارند.

همچنین مرور دامنه‌های Andersen و همکاران (2026) نشان می‌دهد که رابطه فناوری و پایداری دوسویه است: فناوری می‌تواند به استفاده کارآمدتر از منابع کمک کند، اما خود فناوری نیز می‌تواند با مصرف انرژی و منابع و پیامدهای محیط‌زیستی همراه باشد.

بنابراین، در الگوی حاضر، «پیامد» بخشی مستقل از فرایند تصمیم است و دانش‌آموز باید علاوه بر مزیت فوری یک انتخاب، آثار احتمالی آن را نیز بررسی کند.

۶-۷. مرحله ششم: انتخاب و توجیه تصمیم

پس از مقایسه گزینه‌ها، دانش‌آموز باید تصمیم خود را اتخاذ کند؛ اما ویژگی مهم الگوی حاضر آن است که صرف انتخاب گزینه کافی نیست.

دانش‌آموز باید بتواند توضیح دهد:

1. چه گزینه‌ای را انتخاب کرده است؟
 2. مهم‌ترین معیارهای مؤثر بر تصمیم چه بوده‌اند؟
 3. چرا این گزینه نسبت به گزینه‌های دیگر مناسب‌تر است؟
 4. چه محدودیت یا نقطه‌ضعفی در انتخاب خود می‌بیند؟
 5. در چه شرایطی ممکن است گزینه دیگری مناسب‌تر باشد؟
- این مرحله باعث می‌شود تصمیم‌گیری از «انتخاب» به «انتخاب مستدل» تبدیل شود.

برای مثال، پاسخ ضعیف دانش‌آموز ممکن است این باشد:
 من چوب را انتخاب کردم چون بهتر است
 اما پاسخ مورد انتظار در الگوی پیشنهادی می‌تواند چنین ساختاری داشته باشد:
 من چوب را انتخاب کردم، چون برای این محصول استحکام بیشتری لازم داریم. اگرچه چوب گران‌تر از مقواست، اما دوام بیشتری دارد و احتمال خراب شدن محصول کمتر است.
 در این حالت، دانش‌آموز رابطه میان هدف، معیار، محدودیت و انتخاب را توضیح داده است.
 چارچوب Asada و همکاران (2019) نیز مرحله نهایی را «تعیین راه‌حل» قرار می‌دهد؛ اما در الگوی حاضر، این مرحله یک مؤلفه دیگر نیز دارد و آن توجیه تصمیم است.

۸-۶. مرحله هفتم: بازنگری و اصلاح تصمیم

مرحله پایانی، بازنگری در تصمیم است. این مرحله یکی از وجوه متمایز الگوی پیشنهادی محسوب می‌شود؛ زیرا تصمیم فناورانه به‌عنوان نتیجه‌ای قطعی و غیرقابل تغییر تلقی نمی‌شود.
 پس از اجرای تصمیم، ممکن است دانش‌آموز متوجه شود که:

- ماده انتخاب‌شده دوام کافی ندارد؛
- هزینه واقعی بیشتر از برآورد اولیه بوده است؛
- مقدار دورریز بیشتر از انتظار بوده است؛
- استفاده از ابزار انتخاب‌شده دشوار یا نایمن بوده است؛
- یا اطلاعات جدیدی درباره یک گزینه به دست آمده است.

در این شرایط، دانش‌آموز باید بتواند تصمیم قبلی را دوباره بررسی کند.
 بنابراین، الگوی حاضر یک چرخه را پیشنهاد می‌کند:
 تصمیم → اجرا/مشاهده → دریافت بازخورد → ارزیابی نتیجه → بازنگری → تصمیم اصلاح‌شده
 این ویژگی با رویکردهای جدید آموزش فناوری برای پایداری نیز سازگار است؛ زیرا شایستگی‌هایی مانند تفکر انتقادی، تفکر سیستمی و شایستگی آینده‌نگر مستلزم آن‌اند که دانش‌آموز بتواند پیامدهای تصمیم‌های خود را مورد بازاندیشی قرار دهد. (Sundqvist & Engström, 2026)

۹-۶. ساختار نهایی الگوی پیشنهادی

بر اساس مراحل فوق، ساختار پیشنهادی آموزش تصمیم‌گیری فناورانه در انتخاب و مصرف منابع به شرح زیر است:

شواهد یادگیری	نقش معلم	فعالیت اصلی دانش‌آموز	هدف آموزشی	مرحله
بیان روشن مسئله	ایجاد موقعیت مسئله‌محور	تعریف مسئله و هدف	فهم نیاز و هدف	۱. تشخیص مسئله
فهرست گزینه‌ها	تسهیل ایده‌پردازی	شناسایی/تولید گزینه‌ها	گسترش دامنه انتخاب	۲. شناسایی گزینه‌ها
جدول معیارها	هدایت پرسشگری	تعیین معیارها و محدودیت‌ها	مشخص کردن مبنای تصمیم	۳. معیارها و محدودیت‌ها
شواهد و داده‌های مرتبط	ارائه منابع و بازخورد	گردآوری و تحلیل اطلاعات	تشخیص اطلاعات مرتبط	۴. تحلیل اطلاعات
جدول مقایسه	طرح پرسش‌های تحلیلی	مقایسه و پیش‌بینی پیامدها	ارزیابی گزینه‌ها	۵. مقایسه و پیش‌بینی
تصمیم مکتوب/شفاهی	به چالش کشیدن استدلال	انتخاب و دفاع از گزینه	اتخاذ تصمیم مستدل	۶. انتخاب و توجیه
تصمیم اصلاح‌شده	هدایت بازاندیشی	بررسی نتیجه و اصلاح تصمیم	اصلاح و یادگیری از پیامد	۷. بازنگری

این جدول نشان می‌دهد که الگوی پیشنهادی، تصمیم‌گیری را به مجموعه‌ای از رفتارهای قابل مشاهده تبدیل می‌کند. در نتیجه، معلم می‌تواند به جای آنکه صرفاً نتیجه نهایی فعالیت را بسنجد، فرایند شکل‌گیری تصمیم را نیز مشاهده و ارزیابی کند.

۱۰-۶. اصول حاکم بر اجرای الگو

برای جلوگیری از تبدیل الگو به یک دستورالعمل خشک، اجرای آن باید بر چند اصل استوار باشد.
 اصل اول: چندگزینه‌ای بودن موقعیت

فعالیت باید دست‌کم امکان بررسی دو گزینه واقعی را فراهم کند. اگر تنها یک گزینه وجود داشته باشد، بخش مهمی از فرایند تصمیم‌گیری حذف می‌شود.

اصل دوم: وجود تعارض میان معیارها

فعالیت‌های مناسب تصمیم‌گیری باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که یک گزینه در همه معیارها برتر نباشد. وجود موازنه میان هزینه، دوام، ایمنی، دسترسی یا مصرف منابع، دانش‌آموز را وادار به استدلال می‌کند.

اصل سوم: واقعی بودن محدودیت‌ها

محدودیت‌ها باید تا حد امکان با شرایط واقعی ارتباط داشته باشند. محدودیت ساختگی و بی‌معنا نمی‌تواند همان کیفیت تصمیم‌گیری را ایجاد کند.

اصل چهارم: پذیرش بیش از یک پاسخ قابل دفاع

در تصمیم‌گیری فناورانه، ممکن است بیش از یک گزینه منطقی وجود داشته باشد. بنابراین، معیار اصلی ارزیابی نباید صرفاً «انتخاب پاسخ مورد انتظار معلم» باشد، بلکه باید کیفیت استدلال دانش‌آموز نیز مورد توجه قرار گیرد.

اصل پنجم: امکان بازنگری

دانش‌آموز باید بتواند پس از دریافت اطلاعات جدید یا مشاهده نتیجه، تصمیم خود را اصلاح کند. این اصل، تصمیم‌گیری را از یک فعالیت یک‌مرحله‌ای به فرایند یادگیری تبدیل می‌کند.

اصل ششم: توجه هم‌زمان به کارکرد و پیامد

انتخاب یک گزینه فقط بر اساس اینکه «کار می‌کند» کافی نیست. میزان مصرف منابع، ایمنی، هزینه، دوام و پیامدهای احتمالی نیز باید متناسب با ماهیت مسئله در نظر گرفته شوند.

این اصل با یافته‌های پژوهش‌های جدید درباره پیوند آموزش فناوری و پایداری سازگار است (Sunder و همکاران 2026). در تحلیل ارتباط میان اهداف توسعه پایداری و آموزش فناوری، سه محور مهم شامل رفاه و ایمنی، استفاده پایدار از منابع و توسعه فناورانه و همکاری را شناسایی کرده‌اند.

۶-۱۱. الگوی پیشنهادی به‌عنوان یک فرایند یادگیری، نه صرفاً روش تدریس

یکی از ویژگی‌های اساسی الگوی حاضر آن است که تصمیم‌گیری فناورانه را به «روش تدریس» تقلیل نمی‌دهد. جدول تصمیم‌گیری، پرسش‌های معلم یا فعالیت مقایسه مواد، صرفاً ابزارهای اجرای الگو هستند؛ در حالی که هسته اصلی الگو، تغییر ماهیت موقعیت یادگیری است.

در روش سنتی اجرای یک فعالیت، ممکن است مسیر به شکل زیر باشد:

دستور معلم → انتخاب از پیش تعیین‌شده → اجرای فعالیت → محصول نهایی

اما در الگوی پیشنهادی، مسیر یادگیری چنین سازمان‌دهی می‌شود:

مسئله → گزینه‌ها → معیارها و محدودیت‌ها → اطلاعات → مقایسه → تصمیم مستدل → اجرا/بازخورد → بازنگری

در مسیر دوم، دانش‌آموز صرفاً مجری تصمیم دیگران نیست، بلکه بخشی از مسئولیت تصمیم را بر عهده می‌گیرد. این تفاوت با ماهیت سواد فناورانه نیز سازگار است؛ زیرا Avsec و (2016) Jamšek تصمیم‌گیری و تفکر انتقادی را در کنار دانش و قابلیت‌های عملی قرار داده‌اند و بنابراین، آموزش فناوری را صرفاً به توانایی انجام عملیات فنی محدود نمی‌کنند.

۶-۱۲. ظرفیت الگو برای پیوند آموزش فناوری و مصرف مسئولانه منابع

یکی از ظرفیت‌های مهم الگوی پیشنهادی، امکان وارد کردن مفهوم «مصرف مسئولانه منابع» به فعالیت‌های روزمره درس کار و فناوری است.

در این رویکرد، مفاهیمی مانند کاهش دورریز، انتخاب ماده بادوام، استفاده مجدد از مواد، انتخاب ابزار ایمن یا کاهش مصرف انرژی به‌صورت توصیه‌های جداگانه آموزش داده نمی‌شوند؛ بلکه در قالب معیارهای واقعی تصمیم‌گیری وارد فعالیت فناورانه می‌شوند.

برای نمونه، اگر دانش‌آموز میان دو ماده انتخاب کند، می‌توان از او خواست علاوه بر قیمت و عملکرد، میزان دورریز و امکان استفاده مجدد از باقی‌مانده ماده را نیز بررسی کند. در این حالت، مفهوم پایداری مستقیماً وارد تصمیم فناورانه می‌شود.

پژوهش‌های جدید نیز نشان می‌دهند که آموزش فناوری ظرفیت قابل توجهی برای پیوند دادن فناوری با استفاده پایدار از منابع دارد (Andersen و همکاران 2026). در مرور دامنه‌ای خود نشان داده‌اند که آموزش فناوری و فناوری‌های نوین را می‌توان هم به‌عنوان ابزارهایی برای گذار به جوامع کارآمدتر از نظر منابع و هم به‌عنوان پدیده‌هایی با پیامدهای مصرف منابع و انرژی بررسی کرد.

همچنین مطالعه جدید Peter و همکاران (2026) درباره دلایل مصرف پایدار دانش‌آموزان دوره متوسطه در آموزش STEM نشان می‌دهد که پرداختن آموزشی به دلایل و زمینه‌های انتخاب‌های مصرفی می‌تواند برای درگیر کردن دانش‌آموزان با مسائل پیچیده پایداری اهمیت داشته باشد. بنابراین، الگوی حاضر می‌تواند میان سه سطح ارتباط برقرار کند: تصمیم فردی دانش‌آموز → انتخاب و مصرف منابع در فعالیت فناورانه → پیامدهای گسترده‌تر اقتصادی و محیط‌زیستی این پیوند، تصمیم‌گیری فناورانه را از یک مهارت صرفاً فنی به شایستگی‌ای مرتبط با زندگی واقعی تبدیل می‌کند.

۶-۱۳. جمع‌بندی یافته‌های طراحی الگو

برآیند تحلیل منابع و مبانی نظری نشان داد که آموزش تصمیم‌گیری فناورانه در دوره اول متوسطه می‌تواند بر یک فرایند هفت‌مرحله‌ای استوار شود: تشخیص مسئله، شناسایی گزینه‌ها، تعیین معیارها و محدودیت‌ها، گردآوری و تحلیل اطلاعات، مقایسه و پیش‌بینی پیامدها، انتخاب و توجیه تصمیم، و بازنگری. وجه اصلی این الگو، تبدیل تصمیم‌گیری از یک انتخاب لحظه‌ای به یک فرایند مستدل، چندمعیاره و بازگشتی است. در این فرایند، دانش‌آموز نه تنها باید بتواند یک گزینه را انتخاب کند، بلکه باید بتواند نشان دهد چرا آن گزینه را مناسب می‌داند، چه محدودیت‌هایی بر تصمیم او اثر گذاشته‌اند، چه پیامدهایی را پیش‌بینی کرده و تحت چه شرایطی حاضر است تصمیم خود را تغییر دهد. این ساختار، ضمن بهره‌گیری از چارچوب‌های موجود در آموزش تصمیم‌گیری فناورانه، موضوع انتخاب و مصرف منابع را به‌طور مشخص وارد فرایند تصمیم می‌کند و از این طریق، ظرفیت پیوند آموزش کار و فناوری با تفکر انتقادی، شایستگی فناورانه و استفاده پایدار از منابع را افزایش می‌دهد.

۷. اعتبار‌سنجی و ارزیابی الگوی پیشنهادی

۷-۱. منطق اعتبار‌سنجی الگوی پیشنهادی

پس از استخراج مؤلفه‌ها و طراحی الگوی آموزش تصمیم‌گیری فناورانه، مرحله بعد بررسی میزان تناسب، انسجام و قابلیت استفاده آموزشی الگو است. از آنجا که هدف پژوهش، طراحی یک الگوی آموزشی برای دانش‌آموزان دوره اول متوسطه است، اعتبار الگو صرفاً به هماهنگی نظری اجزای آن محدود نمی‌شود، بلکه باید از منظر تناسب با ویژگی‌های سنی و آموزشی دانش‌آموزان، ارتباط با اهداف درس کار و فناوری، قابلیت اجرا در محیط مدرسه و امکان مشاهده و ارزیابی فرایند تصمیم‌گیری نیز بررسی شود. در پژوهش حاضر، اعتبار الگوی پیشنهادی در سه سطح قابل بررسی است: اعتبار محتوایی، اعتبار ساختاری و اعتبار اجرایی. اعتبار محتوایی به این پرسش مربوط است که آیا مؤلفه‌های انتخاب‌شده واقعاً عناصر ضروری تصمیم‌گیری فناورانه را پوشش می‌دهند یا خیر. اعتبار ساختاری به میزان انسجام منطقی مراحل و روابط میان آنها مربوط می‌شود و اعتبار اجرایی نیز امکان استفاده از الگو در شرایط واقعی کلاس درس را مورد توجه قرار می‌دهد. این تفکیک با ماهیت چندبعدی سواد فناورانه سازگار است؛ زیرا در این حوزه، دانش، قابلیت‌های عملی، تفکر انتقادی و تصمیم‌گیری در ارتباط با یکدیگر مورد توجه قرار می‌گیرند. (Avsec & Jamšek, 2016)

۷-۲. اعتبار محتوایی الگو

برای بررسی اعتبار محتوایی، پیشنهاد می‌شود الگوی اولیه در اختیار گروهی از متخصصان مرتبط قرار گیرد. این گروه می‌تواند از متخصصان برنامه‌ریزی درسی، آموزش کار و فناوری، تکنولوژی آموزشی و معلمان باتجربه دوره اول متوسطه تشکیل شود.

از خبرگان خواسته می‌شود هر یک از مؤلفه‌های الگو را بر اساس معیارهایی مانند:

- ارتباط با تصمیم‌گیری فناورانه؛
- ضرورت مؤلفه برای فرایند یادگیری؛
- تناسب با درس کار و فناوری؛
- تناسب با سطح تحصیلی دانش‌آموزان؛
- وضوح و قابلیت فهم؛
- قابلیت آموزش و مشاهده؛
- امکان ارزیابی عملکرد دانش‌آموز؛

بررسی و ارزیابی کنند.

در این مرحله، علاوه بر ارزیابی کمی، دریافت نظرهای کیفی خبرگان اهمیت زیادی دارد؛ زیرا ممکن است یک مؤلفه از نظر آماری مناسب ارزیابی شود، اما برای استفاده در کلاس نیازمند تغییر در عنوان، ترتیب یا نحوه تعریف باشد.

برای مثال، ممکن است خبرگان پیشنهاد کنند که «پیش‌بینی پیامدها» به‌عنوان یک مرحله مستقل باقی بماند، اما «جمع‌آوری اطلاعات» به‌جای یک مرحله کاملاً مستقل، به‌صورت فعالیتی میان تعیین معیارها و مقایسه گزینه‌ها تعریف شود. چنین بازخوردهایی می‌تواند به اصلاح ساختار الگو کمک کند.

۷-۳. شاخص‌های پیشنهادی برای بررسی اعتبار محتوایی

برای ارزیابی کمی اعتبار محتوایی می‌توان از شاخص‌های متداول مانند نسبت روایی محتوا (CVR) و شاخص روایی محتوا (CVI) استفاده کرد. در این صورت، هر مؤلفه بر اساس میزان ضرورت و تناسب آن برای الگو ارزیابی می‌شود.

در محاسبه CVR، نظر خبرگان درباره ضرورت هر مؤلفه مبنای محاسبه قرار می‌گیرد و مقدار قابل قبول شاخص با توجه به تعداد خبرگان تعیین می‌شود. در ارزیابی CVI نیز می‌توان میزان تناسب، وضوح و مرتبط بودن هر مؤلفه را بررسی کرد.

با توجه به اینکه در مرحله حاضر داده واقعی خبرگان در اختیار پژوهش نیست، هیچ مقدار عددی برای CVI یا CVI گزارش نمی‌شود. اعداد این شاخص‌ها باید پس از اجرای واقعی فرایند اعتبارسنجی و دریافت پرسشنامه‌های تکمیل‌شده از خبرگان محاسبه شوند.

از این رو، در صورت اجرای مطالعه اعتبارسنجی، فرایند پیشنهادی به شکل زیر خواهد بود:
طراحی فرم ارزیابی خبرگان → انتخاب خبرگان واجد شرایط → دریافت ارزیابی‌ها → محاسبه شاخص‌های اعتبار محتوایی → بررسی پیشنهادی‌های کیفی → اصلاح الگو → تهیه نسخه نهایی

۷-۴. اعتبار ساختاری الگو

اعتبار ساختاری به ارتباط منطقی میان مراحل هفت‌گانه مربوط می‌شود. در الگوی پیشنهادی، مراحل به صورت زیر با یکدیگر ارتباط دارند:
تشخیص مسئله → شناسایی گزینه‌ها → تعیین معیارها و محدودیت‌ها → گردآوری و تحلیل اطلاعات → مقایسه و پیش‌بینی پیامدها → انتخاب و توجیه تصمیم → بازنگری
منطق این ترتیب آن است که دانش‌آموز نمی‌تواند انتخاب خود را به‌صورت مستدل انجام دهد، مگر آنکه ابتدا مسئله و هدف را فهمیده، گزینه‌های ممکن را شناسایی و معیارهای مناسب را تعیین کرده باشد.
باین‌حال، این ارتباط به معنای خطی و غیرقابل بازگشت بودن الگو نیست. برای مثال، ممکن است دانش‌آموز پس از مقایسه گزینه‌ها متوجه شود که یکی از معیارهای اولیه را نادیده گرفته است. در این شرایط، باید بتواند به مرحله تعیین معیارها بازگردد.
از این منظر، الگو دارای ساختاری خطی در توالی اولیه و بازگشتی در فرایند یادگیری است.
این ویژگی با ماهیت تصمیم‌گیری فناورانه که در آن گزینه‌ها در ارتباط با محدودیت‌ها، معیارها و پیامدهای احتمالی بررسی می‌شوند، تناسب دارد. (Asada et al., 2019)

۷-۵. اعتبار اجرایی الگو در محیط مدرسه

اعتبار نظری یک الگو به‌تنهایی تضمین‌کننده قابلیت اجرای آن در کلاس درس نیست. از این رو، یکی از معیارهای مهم ارزیابی الگوی حاضر، میزان قابلیت اجرای آن در شرایط واقعی درس کار و فناوری است.
برای بررسی این موضوع، می‌توان الگو را در قالب چند فعالیت آموزشی محدود و متناسب با امکانات مدارس اجرا کرد و موارد زیر را مورد مشاهده قرار داد:

1. آیا دانش‌آموزان می‌توانند مسئله فناورانه را به‌درستی تشخیص دهند؟
 2. آیا قادر به ارائه بیش از یک گزینه هستند؟
 3. آیا می‌توانند معیارهای انتخاب را بیان کنند؟
 4. آیا می‌توانند اطلاعات مرتبط با گزینه‌ها را تشخیص دهند؟
 5. آیا قادر به مقایسه گزینه‌ها بر اساس چند معیار هستند؟
 6. آیا می‌توانند پیامدهای انتخاب خود را پیش‌بینی کنند؟
 7. آیا می‌توانند تصمیم خود را با دلیل توضیح دهند؟
 8. آیا پس از دریافت بازخورد، قادر به بازنگری تصمیم هستند؟
- پاسخ به این پرسش‌ها می‌تواند مشخص کند که آیا الگو در سطح عملی نیز قابل استفاده است یا برخی مراحل آن برای دانش‌آموزان دوره اول متوسطه بیش از حد پیچیده است.

۷-۶. معیارهای پیشنهادی برای ارزیابی یادگیری دانش‌آموزان

یکی از پیامدهای مهم الگوی حاضر، تغییر کانون ارزیابی از «محصول نهایی» به فرایند تصمیم‌گیری است.

بر این اساس، برای ارزیابی عملکرد دانش‌آموز می‌توان شش مؤلفه اصلی را در نظر گرفت:

مؤلفه	شاخص عملکرد دانش‌آموز
تشخیص مسئله	مسئله و هدف فناوریانه را به‌درستی بیان می‌کند
تولید گزینه	بیش از یک گزینه قابل بررسی ارائه می‌دهد
تعیین معیار	معیارهای مرتبط با مسئله را مشخص می‌کند
تحلیل	گزینه‌ها را بر اساس معیارها مقایسه می‌کند
استدلال	انتخاب خود را با دلایل مشخص توجیه می‌کند
بازنگری	بر اساس شواهد و بازخورد، تصمیم خود را اصلاح می‌کند

در این ساختار، دانش‌آموزی که محصول نهایی مطلوبی تولید کرده اما نمی‌تواند دلایل انتخاب مواد یا ابزار خود را توضیح دهد، الزاماً در سطح بالایی از شایستگی تصمیم‌گیری فناوریانه قرار نمی‌گیرد. برعکس، ممکن است دانش‌آموز در یک موقعیت به نتیجه‌ای متفاوت از انتخاب مورد انتظار معلم برسد، اما اگر بتواند تصمیم خود را بر اساس معیارهای مرتبط، اطلاعات معتبر و پیش‌بینی پیامدها توجیه کند، عملکرد او از منظر تصمیم‌گیری قابل دفاع باشد. این رویکرد با مفهوم تصمیم‌گیری آگاهانه در آموزش فناوری و نیز با تأکید پژوهش‌های حوزه پایداری بر وزن‌دهی به معیارها، بررسی پیامدها و استدلال درباره گزینه‌های مختلف هم‌راستا است (Gresch & Bögeholz, 2013; Siegel, 2006).

۷-۷. سطوح پیشنهادی رشد شایستگی تصمیم‌گیری فناوریانه

برای استفاده عملی‌تر از الگو، می‌توان عملکرد دانش‌آموزان را در چهار سطح توصیفی قرار داد.

سطح اول: انتخاب واکنشی
دانش‌آموز یک گزینه را انتخاب می‌کند، اما دلیل انتخاب او عمدتاً بر سلیقه شخصی، آشنایی قبلی یا ترجیح ظاهری است و معیار مشخصی ارائه نمی‌کند.

سطح دوم: انتخاب تک‌معیاری
دانش‌آموز از یک معیار مشخص مانند قیمت، استحکام یا ظاهر برای انتخاب استفاده می‌کند، اما سایر معیارهای مرتبط را کمتر مورد توجه قرار می‌دهد.

سطح سوم: تصمیم چندمعیاری
دانش‌آموز چند معیار را شناسایی و گزینه‌ها را بر اساس آنها مقایسه می‌کند و می‌تواند ارتباط میان معیارها و تصمیم خود را توضیح دهد.

سطح چهارم: تصمیم مستدل و بازنگر
دانش‌آموز علاوه بر مقایسه چند معیار، پیامدهای احتمالی تصمیم را پیش‌بینی می‌کند، محدودیت‌های انتخاب خود را می‌شناسد و در صورت دریافت شواهد جدید می‌تواند تصمیم خود را اصلاح کند. این سطوح نباید به‌عنوان نمره‌های قطعی یا سطوح تجربی تأییدشده تلقی شوند؛ بلکه در چارچوب پژوهش حاضر، سطوح پیشنهادی برای عملیاتی کردن رشد شایستگی تصمیم‌گیری فناوریانه هستند و اعتبار تجربی آنها نیازمند آزمون در پژوهش‌های بعدی است.

۷-۸. نقاط قوت الگوی پیشنهادی

بر اساس تحلیل مبانی نظری و پیشینه، الگوی حاضر از چند ویژگی برخوردار است.

نخست، تصمیم‌گیری را در متن واقعی فعالیت فناوریانه قرار می‌دهد و آن را به یک آموزش انتزاعی و جدا از فعالیت عملی تبدیل نمی‌کند.

دوم، تصمیم‌گیری را به انتخاب نهایی محدود نمی‌کند و مراحل پیش از انتخاب و پس از آن را نیز در نظر می‌گیرد.

سوم، به جای تأکید بر یک معیار ثابت، دانش‌آموز را با تصمیم‌های چندمعیاره مواجه می‌کند.

چهارم، موضوع استفاده از منابع را به معیارهای اقتصادی، فنی، ایمنی و محیط‌زیستی پیوند می‌دهد.

پنجم، امکان بازنگری در تصمیم را فراهم می‌کند و از این طریق تصمیم‌گیری را به فرایندی یادگیرنده تبدیل می‌سازد.

ششم، ساختار الگو با ماهیت شایستگی‌محور درس کار و فناوری سازگار است؛ زیرا به جای تمرکز صرف بر محصول، مجموعه‌ای از فرایندهای شناختی و عملکردی قابل مشاهده را درگیر می‌کند.

۷-۹. محدودیت‌های الگوی پیشنهادی

با وجود ظرفیت‌های مذکور، الگوی حاضر دارای محدودیت‌هایی است که باید در تفسیر نتایج مورد توجه قرار گیرد.

نخست، بخش اصلی الگو بر مبنای تحلیل نظری و پژوهش‌های پیشین طراحی شده است و برای ادعای اثربخشی آموزشی، اجرای تجربی آن ضروری است.

دوم، پیچیدگی تصمیم‌گیری فناوریانه ممکن است با توجه به سن، تجربه قبلی و سطح سواد فناوریانه دانش‌آموزان متفاوت باشد. بنابراین، اجرای یکسان همه مراحل برای تمام پایه‌ها لزوماً مناسب نیست.

سوم، کیفیت اجرای الگو به توانایی معلم در طراحی موقعیت‌های چندگزینه‌ای و مدیریت بحث و استدلال دانش‌آموزان وابسته است.

چهارم، برخی معیارها مانند پیامدهای محیط‌زیستی یا دوام ممکن است در فعالیت‌های مختلف به اطلاعات تخصصی نیاز داشته باشند. بنابراین، سطح پیچیدگی اطلاعات باید متناسب با پایه تحصیلی و هدف آموزشی تنظیم شود.

پنجم، برای تعیین میزان اثربخشی الگو در بهبود واقعی شایستگی تصمیم‌گیری فناوریانه، مطالعات تجربی با طرح‌های مناسب، ابزار سنجش معتبر و گروه‌های دانش‌آموزی مورد نیاز است.

۷-۱۰. جمع‌بندی اعتبارسنجی

بررسی اعتبار الگوی پیشنهادی نشان می‌دهد که اعتبار آن باید در سه سطح محتوایی، ساختاری و اجرایی دنبال شود. در سطح محتوایی، مؤلفه‌های الگو باید توسط خبرگان حوزه‌های مرتبط بررسی شوند؛ در سطح ساختاری، ترتیب و ارتباط هفت مرحله باید از نظر منطقی و آموزشی بررسی شود؛ و در سطح اجرایی، قابلیت استفاده از الگو در موقعیت‌های واقعی درس کار و فناوری باید مورد آزمون قرار گیرد.

در وضعیت فعلی پژوهش، الگوی ارائه‌شده را می‌توان الگوی پیشنهادی مبتنی بر مبنای نظری و پیشینه پژوهش دانست. اطلاق عنوان «الگوی اعتبارسنجی‌شده» به نسخه نهایی، منوط به اجرای واقعی فرایند اعتبارسنجی و گزارش داده‌های حاصل از آن است. از این‌رو، در صورت اجرای مرحله خبرگان، نتایج کمی شاخص‌های اعتبار محتوایی و اصلاحات انجام‌شده بر اساس بازخورد آنان باید در نسخه نهایی مقاله افزوده شود.

این تمایز روش‌شناختی اهمیت دارد؛ زیرا از تبدیل یک الگوی نظری به یک یافته تجربی تأییدشده بدون پشتوانه داده جلوگیری می‌کند و حدود ادعای پژوهش را با شواهد موجود هماهنگ نگه می‌دارد.

۸. بحث و نتیجه‌گیری

۸-۱. بحث یافته‌ها

هدف پژوهش حاضر، طراحی و بررسی الگوی آموزش تصمیم‌گیری فناوریانه در انتخاب و مصرف منابع برای دانش‌آموزان دوره اول متوسطه بود. تحلیل مبنای نظری و پیشینه پژوهش نشان داد که تصمیم‌گیری در آموزش فناوری را می‌توان به عنوان یک شایستگی قابل آموزش و مشاهده در نظر گرفت؛ شایستگی‌ای که صرفاً به انتخاب یک ابزار یا ماده محدود نیست، بلکه مجموعه‌ای از فرایندهای شناختی و عملی شامل تشخیص مسئله، شناسایی گزینه‌ها، تعیین معیارها و محدودیت‌ها، تحلیل اطلاعات، مقایسه گزینه‌ها، پیش‌بینی پیامدها، توجیه انتخاب و بازنگری در تصمیم را دربرمی‌گیرد.

یکی از یافته‌های اساسی پژوهش این بود که انتخاب منبع باید از یک عمل اجرایی به یک موقعیت یادگیری تصمیم‌محور تبدیل شود. در بسیاری از فعالیت‌های عملی، ممکن است دانش‌آموز با ماده، ابزار یا روش مشخصی مواجه شود و وظیفه او صرفاً اجرای دستورالعمل باشد. در چنین شرایطی، بخش مهمی از فرایند تصمیم‌گیری از قبل توسط معلم، کتاب یا دستور فعالیت انجام شده است. در مقابل، هنگامی که دانش‌آموز با چند گزینه مواجه می‌شود و باید بر اساس معیارها و محدودیت‌های واقعی میان آنها انتخاب کند، فرصت بیشتری برای شکل‌گیری قضاوت فناوریانه ایجاد می‌شود. این یافته با دیدگاه Avsec و Jamšek (2016) درباره سواد فناوریانه هم‌راستا است. آنان سواد فناوریانه را مفهومی فراتر از دانش فنی و توانایی کار با فناوری در نظر گرفته و تفکر انتقادی و تصمیم‌گیری را نیز در کنار دانش و قابلیت‌های عملی مورد توجه قرار داده‌اند. بر این اساس، آموزش فناوری زمانی می‌تواند به توسعه سواد فناوریانه منجر شود که دانش‌آموز نه تنها «چگونه انجام دادن»، بلکه «چگونه انتخاب کردن» را نیز بیاموزد.

یافته دیگر پژوهش، اهمیت وجود معیارها و محدودیت‌های واقعی در موقعیت تصمیم‌گیری بود. دانش‌آموز هنگامی تصمیم فناوریانه معناداری اتخاذ می‌کند که انتخاب او تحت تأثیر عواملی مانند هزینه، دسترسی، کارکرد، ایمنی، دوام، میزان مصرف منابع و پیامدهای احتمالی قرار گیرد. این نتیجه با چارچوب ارائه‌شده توسط Asada و همکاران (2019) مطابقت دارد. آنان تحلیل شرایط محدودکننده، ارزیابی و مقایسه راحل‌ها و تعیین راحل را در ساختار آموزش تصمیم‌گیری فناوریانه قرار داده‌اند. در پژوهش حاضر، این منطق با توجه ویژه به انتخاب و مصرف منابع توسعه داده شده است.

از این منظر، تفاوت مهم میان انتخاب سلیقه‌ای و تصمیم فناوریانه آشکار می‌شود. در انتخاب سلیقه‌ای ممکن است دانش‌آموز صرفاً بگوید «این گزینه را دوست دارم» یا «این گزینه بهتر است». اما در تصمیم فناوریانه، دانش‌آموز باید بتواند مشخص کند «بهتر بودن» بر اساس چه معیاری و در ارتباط با چه هدفی تعریف شده است. به همین دلیل، الگوی پیشنهادی بر توجیه تصمیم تأکید دارد.

یافته دیگر، ضرورت وارد کردن پیش‌بینی پیامدها در فرایند تصمیم‌گیری بود. یک انتخاب فناورانه ممکن است از نظر کارکرد فوری مناسب باشد، اما هزینه، ایمنی، دوام یا پیامد محیط‌زیستی نامطلوبی داشته باشد. بنابراین، دانش‌آموز باید از سطح مشاهده ویژگی‌های مستقیم یک گزینه فراتر رفته و درباره پیامدهای احتمالی تصمیم خود نیز فکر کند. این موضوع با ادبیات آموزش برای توسعه پایدار ارتباط نزدیکی دارد (Gresch و Bögeholz (2013) بر اهمیت شناسایی گزینه‌های ناپایدار به‌عنوان پیش‌شرط تصمیم‌گیری در آموزش توسعه پایدار تأکید کرده‌اند. همچنین Siegel (2006) نشان داده است که تصمیم‌گیری دانش‌آموزان درباره مسائل پایداری با توانایی آنان در بررسی شواهد و وزن‌دهی به مزایا و معایب گزینه‌ها ارتباط دارد. بنابراین، وارد کردن معیارهای مصرف منابع و پیامدهای محیط‌زیستی در فعالیت‌های فناورانه می‌تواند فرصت مناسبی برای پیوند میان آموزش فناوری و آموزش پایداری فراهم کند. در همین راستا، پژوهش‌های جدیدتر در حوزه آموزش فناوری نیز بر ارتباط فناوری، منابع و پایداری تأکید کرده‌اند. Andersen و همکاران (2026) نشان داده‌اند که آموزش فناوری می‌تواند محل بررسی هم‌زمان ظرفیت فناوری برای استفاده کارآمدتر از منابع و پیامدهای مصرف منابع و انرژی ناشی از فناوری باشد. این موضوع از قرار دادن «مصرف منابع» در الگوی تصمیم‌گیری فناورانه حمایت نظری می‌کند. یافته مهم دیگر پژوهش، بازگشتی بودن فرایند تصمیم‌گیری بود. تصمیم فناورانه نباید الزاماً با انتخاب اولیه پایان یابد. هنگامی که دانش‌آموز نتیجه تصمیم خود را مشاهده می‌کند یا اطلاعات جدیدی به دست می‌آورد، ممکن است لازم باشد معیارها، گزینه‌ها یا حتی صورت‌بندی مسئله را دوباره بررسی کند. بنابراین، بازنگری تصمیم بخشی از یادگیری محسوب می‌شود، نه نشانه شکست. از این منظر، الگوی پیشنهادی میان «تصمیم درست از ابتدا» و «یادگیری از فرایند تصمیم‌گیری» تمایز ایجاد می‌کند. هدف آموزشی الزاماً آن نیست که همه دانش‌آموزان بدون خطا به یک گزینه یکسان برسند؛ بلکه مهم است بتوانند تصمیم خود را بر اساس شواهد و معیارهای مرتبط توضیح دهند و در صورت تغییر شرایط، آن را بازنگری کنند.

۸-۲. مقایسه با مطالعات داخلی

در مطالعات داخلی بررسی‌شده، بخش قابل توجهی از پژوهش‌های مرتبط با درس کار و فناوری بر موضوعاتی مانند اجرای برنامه درسی، آسیب‌شناسی، شایستگی‌های دانش‌آموزان، سواد فناورانه و رویکردهای نوین آموزشی تمرکز داشته‌اند. برای نمونه، ابوالحسنی و دهقانی (1402) در پژوهشی درباره آموزش برنامه درسی کار و فناوری مبتنی بر تفکر طراحی، تأثیر این رویکرد را بر شایستگی هیجانی - اجتماعی دانش‌آموزان بررسی کردند. یکی از مؤلفه‌های مورد توجه در این پژوهش، تصمیم‌گیری مسئولانه بود. یافته این پژوهش نشان می‌دهد که فعالیت‌های فناورانه و طراحی‌محور می‌توانند زمینه‌ای برای رشد برخی شایستگی‌های فراتر از مهارت فنی ایجاد کنند. باین‌حال، تفاوت پژوهش حاضر با این دسته مطالعات در قانون قرار دادن خود فرایند تصمیم‌گیری فناورانه است. در الگوی حاضر، تصمیم‌گیری مسئولانه صرفاً یکی از پیامدهای جانبی آموزش فناوری نیست، بلکه موضوع اصلی یادگیری قرار می‌گیرد و برای آن مراحل، معیارها و شواهد عملکردی مشخص پیشنهاد می‌شود. همچنین پژوهش‌های داخلی درباره برنامه درسی کار و فناوری، از جمله مطالعات مرتبط با اجرای برنامه درسی و سواد فناورانه معلمان، ضرورت توجه به ماهیت عملی و شایستگی‌محور این حوزه را برجسته کرده‌اند. در همین چارچوب، الگوی پیشنهادی می‌تواند یکی از مسیرهای عملیاتی کردن این رویکرد باشد؛ زیرا دانش‌آموز را در موقعیتی قرار می‌دهد که باید دانش و مهارت خود را برای یک انتخاب واقعی به کار گیرد. در نتیجه، تفاوت اصلی الگوی حاضر با مطالعات داخلی بررسی‌شده را می‌توان در سه محور خلاصه کرد:

1. تمرکز مستقیم بر شایستگی تصمیم‌گیری فناورانه؛
 2. قرار دادن انتخاب و مصرف منابع به‌عنوان موقعیت اصلی یادگیری؛
 3. تبدیل فرایند تصمیم‌گیری به مجموعه‌ای از مراحل و عملکردهای قابل مشاهده و ارزیابی.
- این تفاوت به معنای بی‌ارتباط بودن الگو با پژوهش‌های قبلی نیست؛ بلکه الگو بر مبنای همان جهت‌گیری شایستگی‌محور و عملی درس کار و فناوری، یک حوزه مشخص و کمتر صورت‌بندی‌شده را هدف قرار می‌دهد.

۸-۳. مقایسه با مطالعات خارجی

نتایج پژوهش حاضر با مطالعات خارجی در حوزه آموزش فناوری و تصمیم‌گیری نیز هم‌جهت است. Asada و همکاران (2019) تصمیم‌گیری فناورانه را به‌عنوان فرایندی قابل آموزش در درس فناوری بررسی کردند. چارچوب آنان بر تحلیل شرایط محدودکننده، ارزیابی راه‌ها، مقایسه و تعیین راه‌حل استوار بود. الگوی حاضر این منطق را حفظ کرده، اما با توجه به مسئله انتخاب و مصرف منابع، مؤلفه‌های تعیین معیارها، پیش‌بینی پیامدها و بازنگری تصمیم را با تأکید بیشتری سازمان‌دهی می‌کند.

Avsec و (2016) Jamšek نیز با قرار دادن تصمیم‌گیری و تفکر انتقادی در مدل سواد فناورانه، مبنای نظری مناسبی برای تلقی تصمیم‌گیری به‌عنوان یکی از ابعاد شایستگی فناورانه فراهم کرده‌اند. از سوی دیگر، پژوهش‌های مرتبط با آموزش توسعه پایدار نشان می‌دهند که تصمیم‌گیری درباره فناوری و منابع ماهیتی چندمعیاره دارد Gresch و (2013) Bögeholz و (2006) Siegel بر بررسی گزینه‌ها، شواهد، پیامدها و موازنه میان مزایا و معایب تأکید کرده‌اند. این یافته‌ها از ساختار چندمعیاره الگوی حاضر حمایت می‌کنند. پژوهش‌های جدیدتر نیز ارتباط میان آموزش فناوری و پایداری را پررنگ‌تر کرده‌اند Lindner، Pelger و Jakobsson (2022) نشان دادند که فعالیت‌های طراحی در آموزش فناوری می‌توانند زمینه‌ای برای یادگیری درباره فناوری‌های نوظهور و پایداری فراهم کنند. همچنین پژوهش‌های اخیر در زمینه شایستگی‌های توسعه پایدار در آموزش فناوری، بر نقش تفکر انتقادی، تفکر سیستمی، آینده‌نگری و تصمیم‌گیری تأکید دارند. (Sundqvist & Engström, 2026) بنابراین، الگوی حاضر را می‌توان در امتداد سه جریان پژوهشی قرار داد: آموزش تصمیم‌گیری فناورانه + سواد فناورانه + آموزش فناوری برای پایداری وجه متمایز الگو، تلاش برای پیوند عملی این سه جریان در یک ساختار آموزشی متناسب با درس کار و فناوری دوره اول متوسطه است.

۸-۴. دلالت‌های آموزشی پژوهش

یافته‌های پژوهش برای معلمان کار و فناوری چند پیامد عملی دارد. نخست آنکه معلم می‌تواند بخشی از فعالیت‌های عملی را از حالت «اجرای دستورالعمل» به حالت موقعیت تصمیم‌گیری تبدیل کند. برای مثال، به جای تعیین ماده مورد استفاده، چند ماده در اختیار دانش‌آموز قرار گیرد و از او خواسته شود بر اساس معیارهای مشخص یکی را انتخاب و انتخاب خود را توجیه کند. دوم آنکه فعالیت‌های آموزشی می‌توانند به‌گونه‌ای طراحی شوند که یک پاسخ از پیش تعیین‌شده نداشته باشند. در چنین فعالیت‌هایی، کیفیت استدلال دانش‌آموز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. سوم آنکه معلم می‌تواند از جدول‌های ساده تصمیم‌گیری، برگه مقایسه گزینه‌ها، پرسش‌های هدایت‌کننده و گزارش کوتاه تصمیم به‌عنوان ابزارهای یادگیری استفاده کند. چهارم آنکه موضوعاتی مانند کاهش دورریز، استفاده مجدد، ایمنی، دوام و مصرف انرژی می‌توانند به‌جای ارائه به شکل توصیه‌های جداگانه، در متن فعالیت‌های فناورانه قرار گیرند. پنجم آنکه ارزشیابی می‌تواند بخشی از تمرکز خود را از محصول نهایی به فرایند تصمیم‌گیری منتقل کند. در این حالت، معلم می‌تواند بپرسد:

چرا این ماده را انتخاب کردی؟

چه گزینه‌های دیگری را بررسی کردی؟

اگر قیمت این ماده دو برابر شود، آیا تصمیم تو تغییر می‌کند؟

اگر متوجه شوی ماده انتخاب‌شده دوام کافی ندارد، چه تغییری در تصمیم خود می‌دهی؟

این پرسش‌ها دانش‌آموز را به توضیح منطق تصمیم خود وادار می‌کنند و از این طریق، فرایند شناختی پشت عملکرد فناورانه را آشکار می‌سازند.

۸-۵. دلالت‌های برنامه درسی

از منظر برنامه‌ریزی درسی، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که تصمیم‌گیری فناورانه می‌تواند به‌عنوان یک شایستگی عرضی در فعالیت‌های مختلف کار و فناوری مورد استفاده قرار گیرد. این شایستگی الزاماً به یک فصل یا موضوع خاص محدود نیست. هرچا دانش‌آموز با انتخاب میان ابزارها، مواد، روش‌ها یا مراحل مختلف مواجه باشد، امکان فعال کردن فرایند تصمیم‌گیری وجود دارد. بنابراین، می‌توان مؤلفه‌های الگو را در فعالیت‌های مختلف متناسب با محتوای آموزشی به کار گرفت. برای مثال:

- انتخاب ماده مناسب برای ساخت یک محصول؛
- انتخاب ابزار مناسب برای انجام یک کار؛
- انتخاب روش مناسب برای حل یک مسئله فنی؛
- انتخاب شیوه مناسب استفاده از منابع؛
- مقایسه روش‌های مختلف انجام یک فعالیت؛
- انتخاب فناوری مناسب برای یک نیاز مشخص.

در نتیجه، الگوی پیشنهادی بیشتر از آنکه یک «درس مستقل» باشد، می‌تواند به‌عنوان چارچوبی برای بازطراحی برخی فعالیت‌های موجود درس کار و فناوری مورد استفاده قرار گیرد.

۸-۶. محدودیت‌های پژوهش

پژوهش حاضر، به دلیل ماهیت طراحی و توسعه نظری خود، دارای محدودیت‌هایی است که باید در تفسیر یافته‌ها مورد توجه قرار گیرد.

نخست، الگوی ارائه‌شده بر مبنای تحلیل نظری و پژوهش‌های پیشین طراحی شده است و برای تعیین اثربخشی آن در بهبود عملکرد واقعی دانش‌آموزان، اجرای تجربی ضروری است.

دوم، تفاوت میان مدارس از نظر امکانات، دسترسی به مواد و ابزار، زمان آموزشی و توانمندی معلمان می‌تواند بر نحوه اجرای الگو تأثیر بگذارد.

سوم، تصمیم‌گیری فناورانه به سطح دانش و تجربه دانش‌آموز وابسته است؛ بنابراین ممکن است اجرای یک فعالیت مشابه در پایه‌های مختلف به میزان متفاوتی از حمایت آموزشی نیاز داشته باشد.

چهارم، برخی مؤلفه‌های تصمیم، مانند پیامدهای محیط‌زیستی یا اقتصادی، ممکن است به اطلاعاتی نیاز داشته باشند که برای دانش‌آموزان دوره اول متوسطه باید ساده‌سازی و متناسب‌سازی شود.

پنجم، اعتبار تجربی سطوح پیشنهادی شایستگی تصمیم‌گیری و اثربخشی الگو نیازمند پژوهش‌های میدانی و ابزارهای سنجش معتبر است.

۸-۷. پیشنهادهای پژوهشی

- بر اساس یافته‌ها و محدودیت‌های پژوهش، پیشنهاد می‌شود:
1. الگوی پیشنهادی در مدارس دوره اول متوسطه اجرا و اثربخشی آن بر شایستگی تصمیم‌گیری فناورانه دانش‌آموزان بررسی شود.
 2. ابزار استاندارد یا مقیاس عملکردی برای سنجش تصمیم‌گیری فناورانه متناسب با محتوای درس کار و فناوری طراحی و اعتبارسنجی شود.
 3. تأثیر آموزش مبتنی بر الگو بر مؤلفه‌هایی مانند تفکر انتقادی، استدلال، سواد فناورانه و تصمیم‌گیری مسئولانه بررسی شود.
 4. الگو در پایه‌های هفتم، هشتم و نهم به‌صورت جداگانه اجرا شود تا میزان تناسب مراحل آن با سطح رشد و تجربه دانش‌آموزان مشخص شود.
 5. در مطالعات آینده، تأثیر عواملی مانند جنسیت، تجربه قبلی کار عملی، سواد فناورانه و میزان دسترسی به امکانات بر عملکرد تصمیم‌گیری دانش‌آموزان بررسی شود.
 6. پژوهش‌های آینده می‌توانند الگو را در موقعیت‌های مختلف، از جمله انتخاب مواد، ابزار، روش انجام کار و فناوری‌های دیجیتال، آزمون کنند.
 7. پیشنهاد می‌شود در مطالعات تجربی، علاوه بر نتیجه نهایی فعالیت، فرایند استدلال و تصمیم‌گیری دانش‌آموز نیز به‌صورت مستقل ثبت و تحلیل شود.
 8. امکان استفاده از الگو در آموزش معلمان کار و فناوری و برنامه‌های توانمندسازی حرفه‌ای آنان نیز بررسی شود.

۸-۸. نتیجه‌گیری نهایی

آموزش کار و فناوری زمانی می‌تواند به توسعه شایستگی فناورانه منجر شود که دانش‌آموز صرفاً مصرف‌کننده دستورالعمل‌ها و مجری فعالیت‌های از پیش تعیین‌شده نباشد، بلکه در موقعیت‌هایی قرار گیرد که نیازمند قضاوت، مقایسه، انتخاب و توجیه تصمیم باشند.

پژوهش حاضر بر همین اساس، الگوی هفت‌مرحله‌ای آموزش تصمیم‌گیری فناورانه را پیشنهاد کرد که از تشخیص مسئله آغاز می‌شود، با شناسایی گزینه‌ها، تعیین معیارها و محدودیت‌ها، تحلیل اطلاعات، مقایسه گزینه‌ها و پیش‌بینی پیامدها ادامه می‌یابد و به انتخاب و توجیه تصمیم و بازنگری آن منتهی می‌شود.

نقطه محوری الگو آن است که «انتخاب و مصرف منابع» از یک تصمیم پنهان در فعالیت عملی به یک موضوع آشکار یادگیری تبدیل شود. دانش‌آموز در این فرایند یاد می‌گیرد که یک ماده، ابزار یا روش را نه صرفاً به دلیل آشنایی یا ترجیح شخصی، بلکه بر اساس هدف، معیار، محدودیت، شواهد و پیامدهای احتمالی انتخاب کند.

از منظر نظری، این الگو میان ادبیات سواد فناورانه، تصمیم‌گیری فناورانه، تفکر انتقادی و آموزش فناوری برای پایداری ارتباط برقرار می‌کند. از منظر عملی نیز می‌تواند چارچوبی برای بازطراحی برخی فعالیت‌های درس کار و فناوری از «اجرای محصول» به سمت یادگیری فرایند انتخاب و تصمیم فراهم آورد.

باین‌حال، ادعای اثربخشی الگو نیازمند آزمون تجربی است و نسخه حاضر باید در مرحله اعتبارسنجی خبرگانی و سپس مطالعات میدانی مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین، ارزش اصلی یافته حاضر در این مرحله، ارائه یک چارچوب منسجم و قابل آزمون برای آموزش تصمیم‌گیری فناورانه در زمینه انتخاب و مصرف منابع است؛ چارچوبی که می‌تواند مبنای پژوهش‌های تجربی بعدی و توسعه فعالیت‌های آموزشی متناسب با نیازهای درس کار و فناوری قرار گیرد.

منابع

- ابوالحسنی، ز.، و دهقانی، م. (۱۴۰۲). تأثیر آموزش برنامه‌درسی کار و فناوری مبتنی بر تفکر طراحی بر شایستگی هیجانی - اجتماعی دانش‌آموزان پژوهش‌های برنامه‌درسی، ۱۳ (۲)، ۱۴۵-۱۷۲. <https://doi.org/10.22099/jcr.2024.7408>
- ابوالحسنی، ز.، و دهقانی، م. (۱۴۰۰). آسیب‌شناسی برنامه‌درسی کار و فناوری در مقطع متوسطه اول: مطالعه کیفی فناوری آموزشی، ۱۴ (۲)، ۲۶۱-۲۷۲.
- پیری، م.، اسدیان، س.، و محمدزاده، م. (۱۳۹۶). ارزیابی اجرای برنامه‌درسی کار و فناوری پایه هفتم. مطالعات برنامه‌درسی، ۱۲ (۴۵)، ۱۱۹-۱۴۲.
- کوهستانی‌نژاد تار، ا.، ابازری، ز.، و میرحسینی، ز. (۱۳۹۷). سواد فناوری معلمان در سند برنامه‌درسی ملی آموزش و پرورش در حوزه تربیت و یادگیری کار و فناوری فناوری آموزش، ۱۲ (۲)، ۱۴۹-۱۵۹. <https://doi.org/10.22061/jte.2018.1995.1510>
- وزارت آموزش و پرورش. (۱۳۹۱). (سند برنامه‌درسی ملی جمهوری اسلامی ایران). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.
- سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. (۱۳۹۷). (کار و فناوری: پایه هفتم دوره اول متوسطه). وزارت آموزش و پرورش.
- سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. (۱۳۹۷). (کار و فناوری: پایه هشتم دوره اول متوسطه). وزارت آموزش و پرورش.
- سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. (۱۳۹۷). (کار و فناوری: پایه نهم دوره اول متوسطه). وزارت آموزش و پرورش.
- Andersen, L. B., Frydendahl, A. J., Lisborg, S., Jensen, J. J., Laursen, J. D., Mørkeberg, C. W. S., Nielsen, C. B., & Schrøder, V. (2026). Technology education for sustainable development—a scoping review. *International Journal of Technology and Design Education*, 36, 1425–1443. <https://doi.org/10.1007/s10798-025-10043-w>
- Asada, Y., Yata, C., & Ban, S. (2019). Development and practice the lesson to foster decision-making skills in technology education. *Japan Journal of Educational Technology*, 43(1), 43–52. <https://doi.org/10.15077/jjet.42121>
- Avsec, S., & Jamšek, J. (2016). Technological literacy for students aged 6–18: A new method for holistic measuring of knowledge, capabilities, critical thinking and decision-making. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1), 43–60. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9299-y>

- Gresch, H., & Bögeholz, S. (2013). Identifying non-sustainable courses of action: A prerequisite for decision-making in education for sustainable development. *Research in Science Education*, 43, 733–754. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9287-0>
- Lind, J., Pelger, S., & Jakobsson, A. (2022). Students' knowledge of emerging technology and sustainability through a design activity in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 243–266. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09604-y>
- National Academy of Engineering & National Research Council. (2006). *Tech tally: Approaches to assessing technological literacy*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11691>
- Nordlöf, C., Norström, P., Höst, G., & Hallström, J. (2022). Towards a three-part heuristic framework for technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 1583–1604. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09664-8>
- Peter, I., Kellinghusen, A., Schulz, S., Sprenger, S., & Vorhölder, K. (2026). Secondary students' reasons for sustainable consumption in STEM education. *Sustainability*, 18(9), 4520. <https://doi.org/10.3390/su18094520>
- Siegel, M. A. (2006). High school students' decision making about sustainability. *Environmental Education Research*, 12(2), 201–215. <https://doi.org/10.1080/13504620600689003>
- Sundler, M., Engström, S., Lennholm, H., et al. (2026). Opportunities for bridging technology education and sustainability. *International Journal of Technology and Design Education*. <https://doi.org/10.1007/s10798-026-10091-w>
- Sundqvist, P., & Engström, S. (2026). Key competencies for sustainable development in technology education—from preschool through secondary school. *International Journal of Technology and Design Education*, 36, 1553–1576. <https://doi.org/10.1007/s10798-026-10064-z>
- International Technology and Engineering Educators Association. (2020). *Standards for technological and engineering literacy: The role of technology and engineering in STEM education*. ITEEA.