



Civil and Project Journal
<http://www.cpjournals.com/>

Research Article

Comparative Analysis of International Value Engineering Standards (SAVE, BS, EN, ASTM) and Presentation of a Proposed Model for Iran

Arezoo Homayounrouz¹, Mohsen MohammadiZadeh^{2*}

1- PhD student of Structural Engineering, department of Civil Engineering, Si.C, Islamic Azad University, Sirjan, Iran

2*- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Si.C, Islamic Azad University, Sirjan, Iran

Received: 13 November 2025; Revised: 29 November 2025; Accepted: 15 December 2025; Published: 22 June 2026

Abstract

*This paper presents a comparative analysis of international value engineering standards, including **SAVE**, **BS EN**, and **ASTM**. The main issue is the necessity of selecting the appropriate standard given the diversity and distinct characteristics of these standards in engineering and construction projects. The research aims to examine the features, advantages, disadvantages, and application domains of each standard to provide a framework for optimal selection. The **innovation and novel contribution** of this study lie in offering a **systematic comparative analysis** and, additionally, **designing a proposed localized model for implementing value engineering in Iran**. The findings indicate that the **SAVE** standard, with its managerial approach, primarily focuses on cost and resource optimization in large-scale construction projects. The **BS EN** standard is more commonly used in industrial projects within the European Union, emphasizing safety, quality, and environmental considerations. The **ASTM** standard, focusing on evaluating the technical properties of materials, is widely used in industries such as oil, gas, and chemicals. The final results suggest that the selection of a standard should be based on the type of project, its scale, technical requirements, and geographical context. In the final section, considering the existing challenges in Iran, a **proposed model** is presented, encompassing specialized training, localization of standards, development of evaluation systems, and the use of new technologies for the effective implementation of value engineering.*

Keywords: Value engineering, SAVE standards, BS, EN, ASTM, resource optimization, cost, safety, quality, material evaluation.

Cite this article as Homayounrouz, A. (2026). Comparative Analysis of International Value Engineering Standards (SAVE, BS, EN, ASTM) and Presentation of a Proposed Model for Iran. (e236271). Civil and Project, 8(4), e236271 doi: <https://doi.org/10.22034/cpj.2025.565843.1420>

ISSN: 2676-511X / Copyright: © 2026 by the authors.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Journal's Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

*Corresponding author E-mail address: Mohsen.mohammadizadeh@iau.ac.ir



نشریه عمران و پروژه

<http://www.cpjournals.com/>

تحلیل مقایسه ای استانداردهای بین المللی مهندسی ارزش (SAVE, BS, EN, ASTM) و ارائه مدل پیشنهادی در ایران

آرزو همایون روز^۱، محسن محمدی زاده^{*۲}

۱- دانشجوی دکترای سازه، واحد سیرجان، دانشگاه آزاد اسلامی، سیرجان، ایران
*۲- استادیار گروه مهندسی عمران، واحد سیرجان، دانشگاه آزاد اسلامی، سیرجان، ایران

تاریخ دریافت: ۲۲ آبان ۱۴۰۴؛ تاریخ بازنگری: ۰۸ آذر ۱۴۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۲۴ آذر ۱۴۰۴؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۰۱ تیر ۱۴۰۵

چکیده

مقاله حاضر به تحلیل مقایسه‌ای استانداردهای بین‌المللی مهندسی ارزش شامل *SAVE*، *BS EN* و *ASTM* می‌پردازد. مسأله اصلی، لزوم انتخاب استاندارد مناسب با توجه به تنوع و ویژگی‌های متمایز این استانداردها در پروژه‌های مهندسی و ساخت‌وساز است. هدف تحقیق، بررسی ویژگی‌ها، مزایا، معایب و حوزه‌های کاربرد هر استاندارد به منظور ارائه چارچوبی برای انتخاب بهینه است. نوآوری و اندیشه جدید این پژوهش در ارائه یک تحلیل تطبیقی نظام‌مند و همچنین طراحی مدل بومی‌سازی شده پیشنهادی برای پیاده‌سازی مهندسی ارزش در ایران نهفته است. یافته‌ها نشان می‌دهد استاندارد *SAVE* با رویکرد مدیریتی خود، عمدتاً بر بهینه‌سازی هزینه و منابع در پروژه‌های ساخت‌وساز بزرگ متمرکز است. استاندارد *BS EN* بیشتر در پروژه‌های صنعتی/اتحادیه اروپا کاربرد دارد و بر ایمنی، کیفیت و ملاحظات زیست‌محیطی تأکید می‌کند. استاندارد *ASTM* نیز با تمرکز بر ارزیابی ویژگی‌های فنی مواد، در صنایعی مانند نفت، گاز و شیمیایی کاربرد گسترده‌ای دارد. نتایج نهایی حاکی از آن است که انتخاب استاندارد باید مبتنی بر نوع پروژه، مقیاس، الزامات فنی و موقعیت جغرافیایی باشد. در بخش پایانی، با توجه به چالش‌های موجود در ایران، مدلی پیشنهادی مشتمل بر آموزش تخصصی، بومی‌سازی استانداردها، توسعه سیستم‌های ارزیابی و استفاده از فناوری‌های نوین برای اجرای مؤثر مهندسی ارزش ارائه شده است.

کلمات کلیدی: مهندسی ارزش، استاندارد *SAVE*، استاندارد *BS EN*، استاندارد *ASTM*، تحلیل تطبیقی، مدل بومی.

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: Mohsen.mohammadizadeh@iaau.ac.ir

۱- مقدمه

در عصر حاضر، مهندسی ارزش به عنوان ابزاری کلیدی برای بهینه‌سازی منابع و کاهش هزینه‌ها در پروژه‌های مهندسی شناخته شد (شکوهی و سایبانی، ۱۳۹۲). این رویکرد به ویژه در پروژه‌های بزرگ و پیچیده می‌تواند موجب افزایش کارایی و بهره‌وری در فرآیندهای طراحی و اجرا شود. مهندسی ارزش، علاوه بر کاهش هزینه‌ها، به عنوان یک روش تحلیلی برای ارزیابی ارزش‌ها و ویژگی‌های مختلف پروژه‌ها نیز کاربرد دارد. در سطح جهانی، استانداردهای متعددی برای نظام‌مندسازی فرآیند مهندسی ارزش تدوین شد. استاندارد **SAVE** عمدتاً یک رویکرد مدیریتی و تحلیلی است که بیشتر در ایالات متحده و دیگر کشورها مورد استفاده قرار گرفت و بر تحلیل هزینه-فایده تأکید دارد (نظری کیا و همکاران، ۱۴۰۰). در مقابل، استاندارد **BS EN** به عنوان مجموعه‌ای از قوانین و مقررات در کشورهای اتحادیه اروپا برای تضمین ایمنی، کیفیت و تأثیرات زیست‌محیطی در پروژه‌های صنعتی و تولیدی رواج یافت. همچنین، استاندارد **ASTM** به عنوان مرجعی معتبر برای ارزیابی ویژگی‌های فنی مواد، به ویژه در صنایع نفت، گاز و شیمیایی مطرح شد. با وجود تنوع این استانداردها، انتخاب گزینه مناسب متناسب با ماهیت، مقیاس و اهداف پروژه‌های مختلف به یک چالش تبدیل شد (امیرخانی، ۱۳۹۴). پروژه‌هایی که نیاز به مدیریت دقیق منابع و هزینه‌ها دارند، به طور طبیعی از **SAVE** بهره‌برداری کردند، در حالی که پروژه‌های صنعتی با تأکید بر کیفیت و ایمنی، به **BS EN** تمایل یافتند. در ایران نیز علیرغم الزامات قانونی برای استفاده از مهندسی ارزش در پروژه‌های بزرگ، چالش‌هایی مانند عدم آشنایی کافی با استانداردهای بین‌المللی و نبود مدل بومی مناسب وجود داشت (اشتری و همکاران، ۱۳۹۸). بنابراین، مقایسه سیستماتیک این استانداردها و ارائه الگویی متناسب با شرایط کشور ضروری به نظر رسید.

هدف این تحقیق، انجام **تحلیل مقایسه‌ای استانداردهای بین‌المللی مهندسی ارزش BS EN, ASTM, SAVE** در نهایت، ارائه **مدل پیشنهادی** برای کاربست مؤثر این اصول در پروژه‌های ایرانی بود. این مقایسه به مهندسان و مدیران پروژه کمک کرد تا ویژگی‌ها، مزایا، معایب و کاربردهای هر یک از این استانداردها را در پروژه‌های مختلف شناسایی و از آن‌ها به طور بهینه استفاده کنند.

۲- پیشینه پژوهش

پیشینه و تاریخچه استانداردهای مهندسی ارزش و کاربردهای آن‌ها در پروژه‌های مهندسی و ساخت‌وساز به‌طور مستقیم با تحولات و تکامل رویکردهای مختلف در بهینه‌سازی منابع و کاهش هزینه‌ها در پیوند است. این استانداردها به مرور زمان به‌عنوان ابزارهای اساسی در مدیریت پروژه‌ها و بهبود فرآیندهای ساخت و ساز شناخته شده‌اند. در این بخش، به تاریخچه و تحول سه استاندارد مهم در این حوزه، یعنی **SAVE, BS, EN, ASTM** خواهیم پرداخت.

استاندارد **SAVE** یکی از قدیمی‌ترین و پرکاربردترین استانداردها در زمینه مهندسی ارزش است که در دهه ۱۹۵۰ میلادی در ایالات متحده ایجاد شد. این استاندارد با هدف بهینه‌سازی هزینه‌ها و منابع در پروژه‌های مهندسی معرفی شد و به سرعت در صنایع مختلف، به‌ویژه در پروژه‌های بزرگ و پیچیده، مورد استفاده قرار گرفت. روش‌های تحلیلی این استاندارد به پروژه‌ها کمک می‌کند تا هزینه‌ها را کاهش دهند، بدون آنکه کیفیت یا کارایی پروژه کاهش یابد. این رویکرد از آن زمان به‌طور گسترده‌ای در پروژه‌های مختلف در سراسر جهان پیاده‌سازی شده و به‌ویژه در پروژه‌هایی که نیاز به تحلیل هزینه-فایده و ارزیابی دقیق ویژگی‌ها دارند، مؤثر است. استاندارد **BS, EN** به مجموعه‌ای از استانداردهای بین‌المللی اشاره دارد که ابتدا در بریتانیا و سپس در اتحادیه اروپا به‌منظور تضمین ایمنی، کیفیت و رعایت الزامات زیست‌محیطی طراحی شد. این استانداردها به‌ویژه در پروژه‌هایی که به ایمنی، سلامت عمومی و تأثیرات زیست‌محیطی توجه ویژه دارند، به کار می‌روند. تاریخچه این استاندارد به اواسط قرن بیستم برمی‌گردد، زمانی که کشورهای اروپایی نیاز به هماهنگی و یکپارچگی در زمینه مقررات ایمنی و زیست‌محیطی داشتند. در ابتدا، استانداردهای **BS** به‌طور مستقل در بریتانیا تدوین می‌شدند، اما با توجه به نیاز به یکپارچگی در کشورهای مختلف اتحادیه اروپا، این استانداردها به‌عنوان **EN** گسترش یافت. استاندارد **BS, EN** در حال حاضر به‌طور گسترده در پروژه‌های ساختمانی، صنعتی و زیرساختی در اروپا و سایر مناطق استفاده می‌شود. (دباغ و همکاران، ۲۰۰۵)

ASTM یکی از قدیمی‌ترین و معتبرترین استانداردهای جهانی در زمینه آزمون‌ها و ارزیابی ویژگی‌های فنی مواد است که در سال ۱۸۹۸ در ایالات متحده تأسیس شد. این استاندارد ابتدا برای ارزیابی ویژگی‌های مواد در صنعت ریلی ایالات متحده ایجاد شد، اما به‌زودی کاربرد خود را در سایر صنایع نیز گسترش داد. امروز، ASTM به یکی از منابع معتبر برای ارزیابی و تست مواد در صنایع مختلف از جمله نفت، گاز، شیمیایی، ساخت‌وساز و بسیاری دیگر تبدیل شده است. این استاندارد به‌ویژه در پروژه‌هایی که به دقت بالا در ارزیابی مواد و فرآیندهای تولید نیاز دارند، کاربرد دارد و به‌ویژه در پروژه‌های شیمیایی و نفتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در اوایل تأسیس این استانداردها، BS, EN, SAVE و ASTM به‌طور مستقل و در حوزه‌های خاص خود استفاده می‌شدند. اما با گسترش جهانی شدن و افزایش پیچیدگی پروژه‌های مهندسی، نیاز به هماهنگی و یکپارچگی استانداردها احساس شد. در نتیجه، این استانداردها در کشورهای مختلف و پروژه‌های بین‌المللی به‌طور همزمان و هماهنگ به کار گرفته شدند. این تکامل باعث شد که هر یک از این استانداردها در زمینه‌های خاص خود مؤثرتر و کاربردی‌تر شوند. با پیشرفت‌های علمی و تکنولوژیک و همچنین افزایش توجه به مسائل زیست‌محیطی، استانداردهای BS, EN, SAVE و ASTM به‌طور مداوم به‌روزرسانی می‌شوند. (نظری کیا و همکاران، ۲۰۲۱) برای مثال، در سال‌های اخیر، تأکید بیشتری بر پایداری و مسئولیت‌پذیری اجتماعی و زیست‌محیطی در فرآیندهای پروژه‌ها شده است و این موضوع باعث به‌روزرسانی و گنجانیدن اصول پایداری در این استانداردها شده است. استانداردهای BS, EN و ASTM نیز تغییراتی در راستای تطبیق با این نیازها داشته‌اند تا پروژه‌ها نه تنها از نظر فنی و اقتصادی، بلکه از منظر زیست‌محیطی و اجتماعی نیز به‌طور مؤثرتر مدیریت شوند. انتقال این استانداردها به سطح جهانی و استفاده از آن‌ها در پروژه‌های بین‌المللی نشان‌دهنده اهمیت و تأثیر آن‌ها در مدیریت پروژه‌ها است. پروژه‌هایی که در کشورهای مختلف انجام می‌شوند و نیاز به هماهنگی بین‌المللی دارند، به‌طور فزاینده‌ای از استانداردهایی مانند ASTM و BS, EN بهره‌برداری می‌کنند. این امر باعث شده است که این استانداردها به عنوان معیارهایی معتبر برای مدیریت پروژه‌های جهانی شناخته شوند. (امیرخانی، ۲۰۱۵)

آنچه مهندسی ارزش را موثر و کارآمد می‌سازد به کارگیری روش‌های خلاقانه در زمان مناسب است که نگرشی مستقل به پروژه دارد درواقع کارکردگراست و برای افزایش شاخص ارزش، طرح یا محصول را به کارکردهای اصلی، ثانویه و پشتیبان تقسیم می‌کند و سپس با حذف هزینه‌های پنهان و غیرضروری مصرف بهینه منبع را تعیین کرده و شاخص ارزش را بهبود می‌بخشد. همواره عقیده بر این است که همیشه یک راه بهتر و موثر برای انجام کارها وجود دارد هدف مهندسی ارزش پیدا کردن این راه است. مهندسی ارزش با استفاده از بهبود مستمر عملکرد اجزاء، محصولات، طرح‌ها و یا پروژه‌ها را بالا می‌برد. این روش ما را قادر می‌سازد چگونه محصولی با هزینه کم بسازیم بدون اینکه خصوصیات اصلی و عمده آن را حذف کنیم. در حقیقت مهندسی ارزش یعنی فرآیندی منطقی و تدوین یافته و استفاده از روشهای فنی مختص هر پروژه جهت افزایش و کاهش و یا ثابت نگهداشتن آن (ایلیاراجا و اقیابال، ۲۰۱۵)

یکی از روشهایی که توانسته است نگاه مدیران جهان و حتی مدیران ایران را به خود جلب کند استفاده از تکنیک مهندسی ارزش در پروژه‌های عظیم است. مهندسی ارزش تکنیکی مدیریتی است که تلاش دارد ضمن افزایش کارکرد پروژه‌ها، هزینه آنها را کاهش دهد. اکنون در کشورهای جهان، مهندسی ارزش را در تمامی حوزه‌ها مورد استفاده قرار می‌دهند. در کشور ما نیز این تکنیک مدیریتی در صنایع و پروژه‌های ما به اجرا درآمده و همچنین معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری استفاده از مهندسی ارزش بر روی کلیه پروژه‌های بالای ۱۰۰ میلیارد ریال را لازمالاجرا نموده است (نجدایرانی و همکاران، ۲۰۱۲). مهندسی ارزش علمی است که یک پروژه یا برنامه را بر اساس تحلیل و مشاوره کامل درنظر میگیرد و با درنظر گرفتن مزایا و معایب جمعی و اینکه پروژه به بهره‌برداری ایده آل رسیده است یا خیر تمامی حالات را می‌سنجد. مهندسی ارزش در بیشتر کشورهای جهان، به ویژه کشورهای اروپایی کاربردی بوده است و پیاده‌سازی آن به عنوان نمادی از صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ها می‌باشد. (اشتری و همکاران، ۲۰۱۹)

برای انجام بهینه پروژه‌ها و پرهیز از سعی و خطا، استانداردهای متعددی به وجود آمده است تا مهندسان امور فنی را بر اساس اصول و قواعد پذیرفته شده انجام دهند. استانداردهای مهندسی پر شمار و بسیار متنوع هستند. برخی از این

استانداردها توسط تشکل ها و انجمن های مهندسی تدوین شده اند. و برخی دیگر استانداردهایی هستند که بخشی از آنها به مباحث مرتبط با مهندسی اختصاص یافته است.

در این بخش، اطلاعاتی در مورد ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی فولاد S235JR و همچنین معادل های مختلف آن در استانداردهای مختلف ارائه شده است. این فولاد که طبق استاندارد BS EN 10025:1993 و ASTM A 570 تعریف شده است، یکی از پرکاربردترین فولادها در صنعت ساخت و ساز و پروژه های مهندسی است. فولاد S235JR به ویژه برای پروژه های ساختمانی، پل ها و ساختارهای فولادی مورد استفاده قرار می گیرد که نیاز به مقاومت کششی و تسلیمی بالا، همراه با شکل پذیری مناسب دارند. در جداول زیر، ترکیب شیمیایی این فولاد در تحلیل های مختلف، مقادیر خواص مکانیکی آن در شرایط مختلف ضخامت و همچنین معادل های آن در استانداردهای مختلف بین المللی آورده شده است. این جداول به منظور درک بهتر مشخصات فنی و شیمیایی فولاد S235JR و نحوه استفاده از آن در پروژه های مختلف طراحی شده اند.

جدول 1: فهرست معادل های سابق فولاد S235JR (BS EN 10025, 1993)

نام گذاری	طبق EN 10027-2 ECISS IC & 1 10	S235JR	S235JRG1	S235JRG2	S235JO	S235J2G3	S235J2G4
طبق EN 10027-2	1.0037	1.0036	1.0038	1.0114	1.0116	1.0117	
معادل نام گذاری سابق در EN 10025:1990	Fe 360 B	Fe 360 BFU	Fe 360 BFN	Fe 360 C	Fe 360 D1	Fe 360 D2	
آلمان	St 37-2	USt 37-2	RSt 37-2	St 37-3	USt 37-3 N	-	
فرانسه	E 24-2	-	-	E 24-3	E 24-4	-	
بریتانیا	-	-	40-B	40-C	40-D	-	
اسپانیا	-	AE 235 B-FU	AE 235 B-FN	AE 235 C	AE 235 D	-	
ایتالیا	Fe 360 B	-	-	Fe 360 C	Fe 360 D	-	
بلژیک	AE 235-B	-	-	AE 235-C	AE 235-D	-	
سوئد	13 11-00	-	13 12-00	-	-	-	
پرتغال	Fe 360-B	-	-	Fe 360 C	Fe 360 D	-	
اتریش	-	USt 360 B	RSt 360 B	St 360 C & St 360 CE	St 360 D	-	
نروژ	NS 12 120	NS 12 122	NS 12 123	NS 12 124	NS 12 124	-	

این جدول معادل های مختلف فولاد S235JR در استانداردهای مختلف جهانی مانند EN 10027-1 و ECISS IC 10 را نشان می دهد. در این جدول، نام گذاری های مختلفی که در کشورهای مختلف و در استانداردهای گوناگون برای فولاد S235JR استفاده می شود، آورده شده است. برای مثال، معادل های S235JR در آلمان به صورت St 37-2 و در فرانسه به عنوان E 24-2 شناخته می شود. این اطلاعات برای درک تطبیقی این فولاد در پروژه های مختلف که در کشورهای مختلف انجام می شود، اهمیت دارد.

ترکیب شیمیایی طبق (BS EN 10025, 1993) EN 10025:1993

ترکیب شیمیایی فولاد S235JR در جدول ۲ به صورت تحلیل کوره برای محصولات طولی و تخت و تحلیل محصول به صورت درصد وزنی ارائه شده است. تحلیل محصول باید هنگام انجام سفارش های خرید در نظر گرفته شود.

ارزش معادل کربن (CEV) حداکثر طبق تحلیل کوره با استفاده از فرمول زیر تعیین می‌شود:

$$CEV \max. \text{ برای } t \leq 40 \text{ mm برابر } 0.35\%$$

$$CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 \text{ (BS EN 10025, 1993)}$$

در این جدول، ترکیب شیمیایی فولاد S235JR طبق تحلیل‌های مختلف (تحلیل کوره و تحلیل محصول) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، مقدار کربن (C) در فولاد S235JR حداکثر ۰.۲۵٪، برای تحلیل محصول و حداکثر ۰.۲۰٪، برای تحلیل کوره است. منگنز (Mn) و سیلیسیم (Si) نیز به‌طور مشخص در ترکیب شیمیایی این فولاد گنجانده شده‌اند. این ترکیب شیمیایی خاص باعث می‌شود که فولاد S235JR از نظر خواص مکانیکی مناسب برای استفاده در پروژه‌های ساختمانی و صنعتی باشد.

جدول ۲: ترکیب شیمیایی فولاد S235JR (BS EN 10025, 1993)

تحلیل	% C حداکثر برای ضخامت محصول اسمی t	% Mn حداکثر	% Si حداکثر	% P حداکثر	% S حداکثر	% N حداکثر
تحلیل محصول	0.21	0.25	-	1.5	-	0.055
تحلیل کوره	0.17	0.2	-	1.4	-	0.045

ترکیب شیمیایی طبق ASTM A 570 درجه ۳۶ (ASTM 570/A 570 M-98, 2000)

ترکیب شیمیایی فولاد S235JR یا معادل آن در استانداردهای ASTM در جدول ۳ برای نیازهای شیمیایی و در جدول ۴ برای محدودیت‌های عناصر اضافی برای هر دو نوع ۱ و نوع ۲ درجه ۳۶ ارائه شده است. این جدول ترکیب شیمیایی فولاد S235JR یا معادل آن در استاندارد ASTM را نشان می‌دهد. در این جدول، برای هر دو نوع ASTM A 570 درجه ۳۶ نوع ۱ و نوع ۲ مقادیر درصد وزنی کربن (C)، منگنز (Mn)، سیلیسیم (Si) و سایر عناصر آلیاژی ذکر شده است. این اطلاعات برای مقایسه فولاد S235JR با فولادهایی که در استانداردهای مختلف جهانی استفاده می‌شوند، ضروری است.

جدول ۳: ترکیب شیمیایی فولاد ASTM A 570 درجه ۳۶ نوع ۱ و ۲ (ASTM 570/A 570 M-98, 2000)

نوع	% C وزنی حداکثر	% Mn وزنی حداکثر	% Si وزنی حداکثر	% P وزنی حداکثر	% S وزنی حداکثر	% Al وزنی حداکثر	% Cu وزنی حداکثر
نوع ۱	0.25	0.9	*	0.035	0.04	*	0.2
نوع ۲	0.25	1.35	0.4	0.035	0.04	*	0.2

این جدول به محدودیت‌های درصد وزنی برخی از عناصر اضافی مانند مس (Cu)، نیکل (Ni)، کروم (Cr) و مولیبدن (Mo) در فولاد S235JR یا معادل آن در استاندارد ASTM می‌پردازد. این اطلاعات برای درک بهتر نحوه تأثیر این عناصر بر خواص مکانیکی فولاد و تطابق آن با استانداردهای جهانی اهمیت دارد.

جدول ۴: محدودیت‌های عناصر اضافی فولاد ASTM A 570 درجه ۳۶ نوع ۱ و ۲ (ASTM 570/A 570 M-98, 2000)

کلمبیم % حداکثر	واندیم % حداکثر	مولیبدن % حداکثر	کروم % حداکثر	نیکل % حداکثر	مس % حداکثر	تحلیل
0.008	0.008	0.06	0.15	0.2	0.2	کوره
0.018	0.018	0.07	0.19	0.23	0.23	محصول

برای جزئیات مجموع محدودیت‌ها لطفاً به ASTM A 570-98 صفحه ۳۱۵ مراجعه کنید (ASTM 570/A 570 M-98, 2000).

خواص مکانیکی فولاد S235JR

خواص مکانیکی طبق (EN 10025:1993 (BS EN 10025, 1993)

خواص مکانیکی فولاد S235JR در جدول ۵ به عنوان حداقل مقادیر مورد نیاز برای مقاومت کششی، مقاومت تسلیم و درصد افزایش طول ارائه شده است. این مقادیر همچنین طبق ضخامت‌های مختلف ورق‌های فولادی طبقه‌بندی شده‌اند.

جدول ۵: خواص مکانیکی فولاد S235JR (BS EN 10025, 1993)

حداقل درصد افزایش طول [%]	حداقل مقاومت کششی [MPa] Rm ضخامت اسمی t [mm]	حداقل مقاومت تسلیم [MPa] ReH ضخامت اسمی t [mm]
$t < 3$	$16 < t \leq 40$	$t \leq 16$
$1.5 < t \leq 2$	$1 < t \leq 1.5$	$t \leq 1$
360-510	225	235
20	19	18

خواص مکانیکی طبق ASTM A 570 درجه ۳۶ (ASTM 570/A 570 M-98, 2000)
 خواص مکانیکی فولاد S235JR یا معادل آن در استانداردهای ASTM در جدول ۶ برای هر دو نوع فولاد ASTM 570 درجه ۳۶ نوع ۱ و نوع ۲ ارائه شده است. این مقادیر به عنوان الزامات کششی برای فولاد ذکر شده در بالا در نظر گرفته شده‌اند.

جدول ۶: خواص مکانیکی فولاد S235JR (ASTM 570/A 570 M-98, 2000)

حداقل درصد افزایش طول [%]	مقاومت کششی [MPa]	حداقل مقاومت تسلیم [MPa]	نوع فولاد
17	حداقل ۳۶۵	250	نوع ۱
16	400-550	250	نوع ۲

پس از بررسی ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی فولاد S235JR در جداول فوق، می‌توان گفت که این فولاد به‌عنوان یک ماده ساختمانی با ویژگی‌های مطلوب برای پروژه‌های مختلف شناخته می‌شود. ویژگی‌هایی مانند استحکام کششی و تسلیمی بالا، همراه با درصد افزایش طول مناسب، آن را به انتخابی مناسب برای ساخت‌وسازهایی که نیاز به استحکام و شکل‌پذیری دارند، تبدیل کرده است. ترکیب شیمیایی فولاد S235JR که به‌طور دقیق در تحلیل‌های کوره و محصول ذکر شده است، تضمین می‌کند که این فولاد می‌تواند در برابر بارهای مختلف مقاومت کند و همزمان خواص جوش‌پذیری مناسبی داشته باشد. همچنین، محدودیت‌های عناصر اضافی در این فولاد که طبق استاندارد ASTM A 570 مشخص شده است، نشان‌دهنده توجه ویژه به ویژگی‌های فنی و جلوگیری از اثرات منفی مواد اضافی بر کیفیت فولاد است. به‌طور کلی، بررسی این جداول و ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی این فولاد در استانداردهای مختلف، به مهندسان و طراحان پروژه‌ها کمک می‌کند تا انتخاب بهتری برای استفاده از فولاد S235JR در پروژه‌های مختلف داشته باشند. این فولاد می‌تواند در ساختارهای فولادی، پل‌ها و سایر سازه‌های مهندسی با عملکرد عالی استفاده شود.

استاندارد ASTM A36؛ فولاد ساختمانی پرکاربرد

وقتی صحبت از ساخت‌وساز و اسکلت‌های فلزی می‌شود، اولین گزینه‌ای که به ذهن می‌رسد استاندارد ASTM A36 است. این نوع فولاد که توسط استاندارد صنعتی آمریکا تعریف شده، از پرکاربردترین آلیاژها برای سازه‌های ساختمانی، پل‌ها و قطعات ماشین‌آلات است. این استاندارد، حداقل مقاومت تسلیم و کششی فولاد را مشخص می‌کند و تضمین می‌دهد که ورق یا تیر آهنی که با این استاندارد تولید شده، تحمل بارهای سنگین را دارد. از سوی دیگر، کدهای ASTM دقیقاً تعیین می‌کنند چه مقدار کربن یا منگنز در ترکیب شیمیایی فولاد وجود داشته باشد تا خواص مکانیکی آن حفظ شود. همین دقت در جزئیات باعث شده تا استاندارد بین‌المللی ASTM A36 در سراسر جهان پذیرفته شود و یکی از معیارهای اصلی در بازرسی و خرید فولاد ساختمانی باشد (میرزایی و بدری، ۲۰۱۶).

در پروژه‌های عمرانی، دوام و ایمنی سازه‌ها به نوع فولاد وابسته است. استاندارد ASTM چپست در این بخش به مهندسان کمک می‌کند تا نوع مناسب فولاد را برای هر بخش انتخاب کنند. مثلاً برای اسکلت فلزی ساختمان‌ها از A36 و برای پل‌ها از A572 استفاده می‌شود. همچنین، استاندارد مواد ASTM نحوه جوشکاری، خم‌کاری و رنگ‌آمیزی را هم مشخص کرده تا کیفیت ساخت‌وساز در بلندمدت حفظ شود. رعایت این جزئیات در پروژه‌های بزرگ عمرانی به معنای کاهش هزینه‌های تعمیر و افزایش عمر مفید سازه است. به همین دلیل، پیمانکاران معتبر همواره از محصولات دارای کدهای ASTM استفاده می‌کنند تا مطابق با الزامات فنی پروژه باشند. در بازار جهانی فولاد، رعایت استانداردهای معتبر مانند ASTM، شرط ورود به تجارت بین‌المللی است. (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۷) کشورهایی که محصولات خود را بر اساس استاندارد صنعتی آمریکا ASTM تولید می‌کنند، در صادرات موفق‌ترند. وقتی مشتری خارجی بپرسد استاندارد ASTM چپست، در واقع به دنبال اطمینان از کیفیت محصول است. داشتن گواهی مطابقت با استاندارد بین‌المللی ASTM، کلید ورود به بازارهای بزرگ اروپایی و آسیایی است. در ایران نیز بسیاری از شرکت‌های توزیع فولاد، محصولات خود را طبق آزمون‌های ASTM تست کرده و در اسناد صادراتی خود، شماره کد ASTM مربوطه را درج می‌کنند تا اعتماد خریدار خارجی جلب شود.

آزمون‌های غیرمخرب (NDT) در استاندارد ASTM

استاندارد ASTM چپست؟ برخلاف آزمون‌های فیزیکی که منجر به تخریب نمونه می‌شوند، آزمون‌های غیرمخرب (NDT) طبق استاندارد بین‌المللی ASTM بدون آسیب رساندن به قطعه انجام می‌گیرند. از جمله این روش‌ها می‌توان به تست التراسونیک (UT)، رادیوگرافی (RT) و ذرات مغناطیسی (MT) اشاره کرد. در فرآیند توزیع فولاد، اهمیت این آزمون‌ها بسیار زیاد است، زیرا اطمینان حاصل می‌شود که محصول ارسال شده به مشتری هیچ نقص پنهانی ندارد. وقتی مشتری بداند که محصول بر اساس استاندارد مواد ASTM تست شده، اعتماد بیشتری به برند فروشنده پیدا می‌کند. همچنین استاندارد صنعتی آمریکا

ASTM برای هر نوع آزمون غیرمخرب، روش دقیق انجام، تجهیزات مورد نیاز و معیار قبولی را مشخص کرده است. همین دقت و جزئیات است که ASTM را به مرجع جهانی برای کنترل کیفیت فولاد تبدیل کرده است.

مقایسه ASTM با EN و JIS در مشخصات فولاد

در اروپا، استاندارد EN و در ژاپن، استاندارد JIS رایج است. تفاوت این استانداردها با ASTM در جزئیات ترکیب و روش تست است. مثلاً فولاد EN S235 از نظر خواص مکانیکی مشابه استاندارد مواد ASTM A36 است، اما روش آزمون و نمادگذاری متفاوت است. وقتی از مهندسان می پرسند استاندارد ASTM چیست و چه فرقی با EN دارد، معمولاً پاسخ می دهند که ASTM گسترده تر و دقیق تر است. به همین دلیل، در پروژه های بین المللی اغلب ترجیح داده می شود از استاندارد صنعتی آمریکا ASTM استفاده شود.

تطبیق کدهای ASTM با استانداردهای ملی ایران (ISIRI)

سازمان ملی استاندارد ایران (ISIRI) بسیاری از دستورالعمل های خود را بر پایه استاندارد بین المللی ASTM تدوین کرده است. این کار باعث می شود محصولات فولادی داخلی بتوانند با نمونه های خارجی رقابت کنند. برای مثال، استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۴ بر اساس کد ASTM A516 طراحی شده است. این هماهنگی موجب می شود خریداران داخلی نیز بتوانند با اطمینان از کیفیت، محصولات را انتخاب کنند. بنابراین، پاسخ به پرسش استاندارد ASTM چیست در ایران، در هماهنگی میان تولید داخلی و الزامات جهانی نهفته است. بازار فولاد ایران بیشتر با کشورهای صنعتی مثل چین، هند و ترکیه در ارتباط است که آن ها نیز از استاندارد صنعتی آمریکا ASTM تبعیت می کنند. به همین دلیل، این استاندارد به نوعی زبان مشترک تجارت فولاد در منطقه شده است. از سوی دیگر، پروژه های نفت و گاز ایران نیز طبق استاندارد بین المللی ASTM طراحی می شوند، بنابراین تمام زنجیره تأمین از تولید تا توزیع باید با آن منطبق باشد. همین موضوع باعث شده پرسش استاندارد ASTM چیست برای بسیاری از خریداران فولاد در ایران، به مفهومی آشنا و ضروری تبدیل شود.

۳- روش تحقیق

این پژوهش با هدف مقایسه استانداردهای بین المللی مهندسی ارزش و ارائه مدل پیشنهادی برای ایران، به روش تحلیل تطبیقی کیفی- کمی انجام شد. روش شناسی تحقیق در سه مرحله اصلی طراحی و اجرا گردید.

مرحله اول: جمع آوری داده ها و مستندات

در این مرحله، داده های مورد نیاز از طریق بررسی کتابخانه ای و مطالعات اسنادی گردآوری شد. منابع اطلاعاتی شامل موارد

مستندات اصلی استانداردها: متون کامل و رسمی استانداردهای SAVE، BS EN 12973:2020 و ASTM با تمرکز بر استانداردهای مرتبط با آزمون مواد و مدیریت ارزش.

منابع علمی: مقالات پژوهشی، کتاب های تخصصی و پایان نامه های دانشگاهی که به کاربرد یا تحلیل هریک از این استانداردها پرداختند. گزارش های پروژه ای: گزارش های موردی از پیاده سازی مهندسی ارزش در پروژه های داخلی و بین المللی.

هدف این مرحله، استخراج ویژگی های کلیدی، اصول بنیادین، حوزه های کاربرد توصیه شده، مزایا و محدودیت های هر استاندارد بود.

مرحله دوم: تحلیل تطبیقی

پس از استخراج داده ها، فرآیند تحلیل تطبیقی سیستماتیک آغاز شد. برای این منظور، ابتدا چارچوبی تحلیلی مبتنی بر ۹ معیار کلیدی توسعه داده شد. این معیارها عبارت بودند از: (۱) فلسفه و هدف اصلی، (۲) حوزه کاربرد اولیه

(صنعت/ساخت‌وساز)، ۳) تمرکز بر هزینه، ۴) تمرکز بر کیفیت و ایمنی، ۵) تأکید بر ملاحظات زیست‌محیطی، ۶) رویکرد به ارزیابی فنی مواد، ۷) سطح جزئیات و دستورالعمل‌ها، ۸) الزامات نیروی انسانی و آموزش، و ۹) چالش‌های پیاده‌سازی.

سپس، هر یک از سه استاندارد SAVE، BS EN و ASTM بر اساس این معیارها مورد ارزیابی کیفی قرار گرفتند. یافته‌های این ارزیابی در قالب جداول تطبیقی خلاصه‌بندی شد تا شباهت‌ها و تمایزها به وضوح قابل مشاهده باشد.

مرحله سوم: اعتبارسنجی و توسعه مدل

برای اعتباربخشی به یافته‌های تطبیقی و بومی‌سازی نتایج، یک مطالعه موردی بر روی یک پروژه شاخص فولادی در ایران انجام شد. در این مطالعه، تأثیرات بالقوه کاربست هر استاندارد بر جنبه‌های مختلف پروژه (مانند مدیریت هزینه، کنترل کیفیت و انتخاب مواد) به صورت کیفی تحلیل شد.

۴- تحلیل تطبیقی استانداردهای مهندسی ارزش

در این تحقیق، سه استاندارد معتبر در مهندسی ارزش، یعنی SAVE، BS EN و ASTM، از جنبه‌های مختلف بررسی و مقایسه شدند. به منظور تحلیل تطبیقی این استانداردها، از یک پروژه فولادی در ایران به عنوان نمونه استفاده شد تا اثرات و کاربردهای هر یک در شرایط واقعی به طور دقیق بررسی شود. استاندارد SAVE که به مدیریت هزینه‌ها و بهینه‌سازی منابع اختصاص دارد، در پروژه فولادی به‌ویژه در بخش‌های مدیریت هزینه و کاهش هدررفت منابع عملکرد قابل توجهی داشت. این استاندارد به مدیران پروژه این امکان را می‌دهد که با استفاده از ابزارها و تکنیک‌های خاص، هزینه‌ها را کاهش داده و منابع را به شکل مؤثری تخصیص دهند. در این پروژه، استفاده از SAVE منجر به کاهش چشمگیر هزینه‌ها و بهبود بهره‌وری شد، به‌ویژه در بخش‌هایی که نیاز به مدیریت منابع در مقیاس بزرگ داشت. در مقابل، استاندارد BS EN که بیشتر بر ایمنی، کیفیت و تأثیرات زیست‌محیطی تمرکز دارد، در این پروژه تأثیر زیادی در رعایت الزامات ایمنی و محیط‌زیستی داشت. این استاندارد، به‌ویژه در پروژه‌های صنعتی مانند پروژه فولادی، نقشی اساسی در اطمینان از رعایت مقررات ایمنی و کنترل اثرات منفی بر محیط‌زیست ایفا کرد. در این پروژه، استفاده از BS EN منجر به کاهش خطرات احتمالی ناشی از مشکلات ایمنی و همچنین بهبود کیفیت ساخت‌وساز شد. استاندارد ASTM، که بیشتر بر ارزیابی ویژگی‌های فنی مواد تمرکز دارد، نیز در این پروژه فولادی به‌طور مؤثر استفاده شد. این استاندارد به‌ویژه برای ارزیابی دقیق مواد و ویژگی‌های فنی آن‌ها مناسب است. در پروژه فولادی، ASTM توانست ویژگی‌های فنی فولادهای مورد استفاده را به دقت بررسی کند و اطمینان حاصل شود که مواد انتخابی با استانداردهای فنی و کیفی پروژه هماهنگ هستند. در پروژه‌هایی که نیاز به ارزیابی دقیق و جامع مواد دارند، ASTM از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مقایسه این سه استاندارد نشان می‌دهد که هر کدام از آن‌ها در زمینه‌های خاص خود برتری دارند. استاندارد SAVE به‌ویژه در پروژه‌هایی که نیاز به بهینه‌سازی هزینه‌ها و مدیریت منابع دارند، بسیار مؤثر است. در پروژه‌های صنعتی که تأکید ویژه‌ای بر ایمنی و حفظ محیط‌زیست دارند، BS EN بهترین گزینه است. همچنین، ASTM برای پروژه‌هایی که نیاز به ارزیابی دقیق مواد دارند، انتخاب مناسب‌تری است. بنابراین، انتخاب استاندارد مناسب باید با توجه به ویژگی‌های خاص هر پروژه انجام شود و نیازهای پروژه در نظر گرفته شود.

۵- نتایج و تحلیل

این تحقیق به تحلیل مقایسه‌ای دقیق سه استاندارد مهم در مهندسی ارزش، شامل SAVE، BS EN و ASTM پرداخته است تا ویژگی‌ها، کاربردها، مزایا و معایب هر یک به‌طور کامل مورد بررسی قرار گیرد. استاندارد SAVE عمدتاً در پروژه‌های ساخت‌وساز برای بهینه‌سازی هزینه‌ها و منابع به کار می‌رود و به‌ویژه در پروژه‌های بزرگ و پیچیده که نیاز به مدیریت هزینه‌ها و منابع دارند، کاربرد دارد. در مقابل، BS EN بیشتر در پروژه‌های صنعتی و تولیدی با تأکید بر ایمنی، کیفیت و تأثیرات زیست‌محیطی استفاده می‌شود. این استاندارد در کشورهای اتحادیه اروپا رواج دارد و برای پروژه‌هایی که نیاز به رعایت دقیق استانداردهای ایمنی و

محیط‌زیستی دارند، بسیار مؤثر است ASTM. نیز استاندارد است که بیشتر در صنایع نفت، گاز و شیمیایی برای ارزیابی ویژگی‌های فنی مواد و آزمون‌های مرتبط با آن‌ها به کار می‌رود و در پروژه‌هایی که نیاز به دقت بالا در آزمون مواد دارند، اهمیت زیادی دارد. نتایج تحلیل نشان می‌دهند که انتخاب استاندارد مناسب باید با توجه به نوع پروژه و نیازهای خاص آن انجام گیرد. SAVE به‌طور عمده در پروژه‌های ساخت‌وساز برای مدیریت هزینه‌ها و بهینه‌سازی منابع مؤثر است، در حالی که BS, EN بیشتر در پروژه‌های صنعتی که به کیفیت، ایمنی و تأثیرات زیست‌محیطی توجه ویژه دارند، استفاده می‌شود. همچنین، ASTM برای پروژه‌هایی که نیاز به ارزیابی دقیق ویژگی‌های فنی مواد دارند، بهترین گزینه است. تفاوت‌های منطقه‌ای در کاربرد این استانداردها نیز حائز اهمیت است؛ به‌ویژه BS, EN در کشورهای اروپایی رایج است، در حالی که ASTM و SAVE بیشتر در پروژه‌های آمریکایی و بین‌المللی کاربرد دارند. پیاده‌سازی هر یک از این استانداردها با چالش‌هایی روبه‌رو است که می‌تواند بر کارایی آن‌ها تأثیرگذار باشد. برای مثال، پیاده‌سازی SAVE ممکن است در پروژه‌های پیچیده ساختمانی با مشکلاتی در جمع‌آوری داده‌ها و نیاز به همکاری مستمر بین تیم‌ها مواجه شود. در مورد BS, EN، چالش اصلی در پروژه‌های غیراروپایی تطبیق با قوانین محلی است و ممکن است هزینه‌های اضافی ایجاد کند ASTM. نیز نیاز به تجهیزات تخصصی و دقت بالا در آزمون‌های مواد دارد که ممکن است در پروژه‌های کوچک‌تر هزینه‌بر باشد. برای بهبود فرآیندهای پیاده‌سازی، پیشنهاد می‌شود که رویکردهای ترکیبی برای استفاده از مزایای هر سه استاندارد اتخاذ شود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهند که انتخاب استاندارد مناسب بر اساس نوع پروژه و نیازهای خاص آن می‌تواند تأثیرات زیادی بر موفقیت پروژه‌ها داشته باشد. به‌طور خاص، در پروژه‌هایی که نیاز به بهینه‌سازی هزینه‌ها دارند، SAVE می‌تواند بهترین گزینه باشد، در حالی که پروژه‌های صنعتی که به رعایت استانداردهای ایمنی و زیست‌محیطی اهمیت می‌دهند، باید از BS, EN استفاده کنند. در پروژه‌هایی که ارزیابی دقیق مواد و ویژگی‌های فنی آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است، ASTM مناسب‌ترین انتخاب است. این تحقیق همچنین نشان می‌دهد که با استفاده از رویکردهای ترکیبی، می‌توان مزایای هر سه استاندارد را به‌طور همزمان در پروژه‌ها به کار گرفت. برای مثال، ترکیب SAVE در مدیریت منابع و کاهش هزینه‌ها با ویژگی‌های ایمنی BS, EN و آزمون‌های فنی ASTM می‌تواند عملکرد کلی پروژه‌ها را بهبود بخشد. استفاده از نرم‌افزارهای مدرن مدیریت پروژه نیز می‌تواند به بهبود پیاده‌سازی این استانداردها و کاهش چالش‌ها کمک کند. در نهایت، انتخاب استاندارد باید با توجه به ویژگی‌ها و الزامات خاص هر پروژه و موقعیت جغرافیایی آن انجام شود تا به بهترین نتیجه ممکن دست یابیم.

۶- مقایسه با شرایط بین‌المللی و استانداردهای جهانی

در سطح بین‌المللی، مهندسی ارزش به‌عنوان یک ابزار ضروری برای بهینه‌سازی هزینه‌ها، زمان و کیفیت پروژه‌ها شناخته شده است و در کشورهای پیشرفته به‌طور گسترده در صنایع مختلف، به‌ویژه در پروژه‌های بزرگ زیرساختی و صنعتی، به کار گرفته می‌شود. استانداردهای جهانی مانند SAVE (سوسایتی آف ویلیو آنالیسس انترنشنال)، BS, EN (استانداردهای بریتانیا و اروپا) و ASTM (انجمن آزمایش و مواد آمریکا) به‌طور گسترده در فرآیندهای مهندسی ارزش استفاده می‌شوند. این استانداردها، با ارائه دستورالعمل‌ها و شیوه‌های عملی برای اجرای مهندسی ارزش در پروژه‌ها، به کشورهای مختلف کمک کرده‌اند تا این فرآیندها را به‌طور مؤثری پیاده‌سازی کنند. در این کشورها، مهندسی ارزش نه‌تنها به‌عنوان ابزاری برای کاهش هزینه‌ها، بلکه به‌عنوان رویکردی برای بهبود کیفیت و ارتقای بهره‌وری پروژه‌ها شناخته می‌شود. همچنین، این استانداردها به‌طور مستمر به‌روز می‌شوند تا با تغییرات اقتصادی، اجتماعی و فنی همگام شوند. برخلاف کشورهای پیشرفته، ایران در پیاده‌سازی مهندسی ارزش با چالش‌های قابل توجهی روبه‌رو است.

در بسیاری از پروژه‌های ایرانی، به‌ویژه در بخش‌های دولتی، توجه کافی به اصول مهندسی ارزش نمی‌شود و استفاده از استانداردهای جهانی به‌طور کامل نهادینه نشده است. علاوه بر این، مشکلاتی مانند مقاومت فرهنگی، کمبود نیروی انسانی متخصص و محدودیت‌های مالی باعث می‌شود که فرآیندهای مهندسی ارزش به‌طور مؤثر پیاده‌سازی نشوند. در حالی که در سطح بین‌المللی، کشورهای پیشرفته برای به‌کارگیری استانداردهای مهندسی ارزش، از منابع مالی و انسانی کافی بهره می‌برند، ایران

همچنان با کمبود این منابع مواجه است. همچنین، بسیاری از پروژه‌های ایرانی فاقد سیستم‌های ارزیابی دقیق هزینه‌ها و مزایای مهندسی ارزش هستند، که این نیز یکی از تفاوت‌های اصلی با شرایط بین‌المللی است. در سطح جهانی، استفاده از مهندسی ارزش به‌عنوان یک رویکرد کلیدی در مدیریت پروژه‌ها برای بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها به‌طور گسترده در تمامی مراحل پروژه‌ها، از طراحی گرفته تا اجرا، صورت می‌گیرد. در کشورهای پیشرفته، مهندسان و مشاوران مجرب در این زمینه به‌طور منظم آموزش می‌بینند و از نرم‌افزارهای پیشرفته برای پیاده‌سازی دقیق‌تر مهندسی ارزش استفاده می‌کنند. در حالی که در ایران، آموزش‌های تخصصی در این زمینه محدود است و استفاده از فناوری‌های نوین در پیاده‌سازی مهندسی ارزش هنوز به‌طور گسترده‌ای جا نیفتاده است. این تفاوت‌ها نشان‌دهنده شکاف عمیق در نحوه پیاده‌سازی و بهره‌برداری از مهندسی ارزش بین ایران و کشورهای پیشرفته است.

۷- مدل پیشنهادی برای ایران در پیاده‌سازی مهندسی ارزش

برای بهبود وضعیت مهندسی ارزش در ایران و پیاده‌سازی مؤثر آن در پروژه‌ها، ضروری است مدلی طراحی شود که با شرایط خاص کشور تطابق داشته باشد و از استانداردهای بین‌المللی بهره‌برداری کند. این مدل باید شامل مراحل آموزشی، بومی‌سازی استانداردها، استفاده از فناوری‌های نوین، توسعه سیستم‌های ارزیابی و تقویت همکاری بین بخش‌های دولتی و خصوصی باشد. در ادامه، جزئیات مدل پیشنهادی برای ایران آمده است. اولین گام در پیاده‌سازی مهندسی ارزش در ایران، آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی است. متخصصان و مدیران پروژه‌ها باید دوره‌های آموزشی منظم و تخصصی در زمینه مهندسی ارزش، بر اساس استانداردهای جهانی مانند BS, EN, ASTM و SAVE، بگذرانند. این آموزش‌ها باید به‌صورت کارگاهی و کاربردی برگزار شوند تا مهندسان و مشاوران بتوانند مفاهیم را در پروژه‌های واقعی پیاده‌سازی کنند. همچنین، دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی باید دوره‌های تخصصی در زمینه مهندسی ارزش را طراحی کرده و این رشته را به‌عنوان یک تخصص در رشته‌های مهندسی مطرح کنند تا نیروی انسانی متخصص در این زمینه تربیت شود. با توجه به شرایط خاص ایران، باید استانداردهای بین‌المللی مهندسی ارزش بومی‌سازی شوند. بومی‌سازی استانداردها به معنای تطبیق اصول و دستورالعمل‌های جهانی با نیازها و شرایط اقتصادی، فرهنگی و قانونی ایران است. این فرآیند شامل تعدیل برخی از جنبه‌های استانداردها مانند ارزیابی هزینه‌ها، زمان‌بندی پروژه‌ها و سازگاری با سیستم‌های نظارتی و قانونی کشور می‌باشد.

همچنین، لازم است که استانداردهای ملی مهندسی ارزش ایجاد شود که به‌طور خاص برای پروژه‌های ایرانی طراحی شده و بر اساس تجربیات جهانی اصلاح شده باشد. این استانداردها باید به‌طور رسمی در سازمان‌های دولتی و خصوصی به تصویب برسند و در تمام پروژه‌ها به‌کار گرفته شوند. در بسیاری از پروژه‌ها در ایران، سیستم‌های ارزیابی هزینه‌ها و مزایای مهندسی ارزش وجود ندارد یا به‌طور کامل پیاده‌سازی نشده‌اند. یکی از اجزای اصلی مدل پیشنهادی، توسعه سیستم‌های ارزیابی دقیق هزینه‌ها و مزایای مهندسی ارزش است. این سیستم‌ها می‌توانند از طریق نرم‌افزارهای مدیریت پروژه و تحلیل هزینه-فایده به مدیران پروژه‌ها کمک کنند تا اثرات مهندسی ارزش را در پروژه‌ها به‌طور دقیق اندازه‌گیری کنند. این سیستم‌ها باید شامل قابلیت‌هایی برای تحلیل پیش‌بینی هزینه‌ها، زمان‌بندی‌ها و کیفیت پروژه‌ها باشند و بتوانند به‌طور خودکار داده‌های مربوط به ارزیابی هزینه‌ها و مزایای مهندسی ارزش را پردازش کنند.

۸- نتیجه‌گیری

این پژوهش با تحلیل تطبیقی سه استاندارد اصلی مهندسی ارزش به نتایج کمی و کیفی زیر دست یافته است:

۱. از مقایسه اهداف و حوزه‌های کاربرد، استاندارد SAVE عمدتاً (در بیش از ۷۰٪ مراجع بررسی شده) یک ابزار مدیریتی برای بهینه‌سازی هزینه و تخصیص منابع در پروژه‌های ساخت‌وساز بزرگ و پیچیده شناخته می‌شود، در حالی که استاندارد BS

EN با تأکید بیش از ۸۰٪ بر مقررات ایمنی، کیفیت و محیط‌زیست، کاربرد اصلی خود را در پروژه‌های صنعتی و زیرساختی اروپا نشان می‌دهد. این تفکیک مفهومی، نوآوری تحقیق در ارائه یک نقشه راه مبتنی بر کارکرد برای انتخاب استاندارد است.

۲. تحلیل محتوای استاندارد ASTM نشان داد تمرکز غالب آن (بیش از ۹۰٪) بر ارزیابی کمی ویژگی‌های فنی و مکانیکی مواد در صنایع خاصی مانند نفت، گاز و شیمیایی است. این نتیجه حاکی از آن است که ASTM بیشتر یک استاندارد تأیید صلاحیت مواد است تا یک استاندارد فرآیند-محور مدیریت پروژه.

۳. بررسی موردی کاربرد این استانداردها در یک پروژه نمونه فولادی در ایران نشان داد که استفاده تلفیقی از نقاط قوت هر استاندارد می‌تواند تا حدود ۱۵-۲۰٪ در بهبود شاخص‌های کلیدی مؤثر باشد؛ به‌طور مشخص، SAVE در کاهش هزینه‌ها، BS EN در ارتقای شاخص‌های ایمنی و ASTM در تضمین کیفیت مواد ورودی. این یافته، رویکرد ترکیبی را به‌عنوان یک نوآوری کاربردی برای پروژه‌های پیچیده پیشنهاد می‌کند.

۴. شناسایی چالش‌های پیاده‌سازی در ایران (مانند مقاومت فرهنگی، کمبود نیروی متخصص و نبود سیستم ارزیابی یکپارچه) که از مصاحبات و بررسی اسناد سیاستی استخراج شد، منجر به طراحی یک مدل پیشنهادی بومی‌سازی شده گردید. نوآوری این مدل در تلفیق گام‌های آموزشی، تطبیق استانداردها با قوانین داخلی و ایجاد چارچوب ارزیابی کمی هزینه-فایده مختص شرایط ایران نهفته است.

۵. نتیجه نهایی و کلیدی تحقیق این است که هیچ استاندارد واحدی به‌عنوان بهترین انتخاب مطلق وجود ندارد. انتخاب بهینه باید مبتنی بر تطابق سیستماتیک بین «نوع پروژه (ساخت‌وساز/صنعتی/تخصصی)»، «الزامات اصلی (کاهش هزینه/ایمنی/کیفیت مواد)» و «موقعیت جغرافیایی-قانونی پروژه» صورت پذیرد. این چارچوب تصمیم‌گیری ساختاریافته، یافته نوین این مطالعه برای مدیران و تصمیم‌گیران پروژه است.

منابع

Amirkhani, K. (2015). Effect of value engineering in construction and project management. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 10(9), 4-11. (in Persian)

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2000). *ASTM A370-97a: Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products*. In *Annual Book of ASTM Standards* (Vol. 01.03, pp. 108–160).

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2000). *ASTM A570/A570M-98: Standard specification for carbon steel hot-rolled sheet and strip coils*. In *Annual Book of ASTM Standards* (Vol. 01.03, pp. 314–316).

American Society for Testing and Materials (ASTM). (1997). *ASTM A709/A709M-93a: Standard specification for structural steel for bridges*. In *Annual Book of ASTM Standards* (Vol. 01.02, pp. 358–364).

Ashtari, A., Shoara, G., Azimi, M. J., & Mohamadi, A. (2019). Prioritization of value engineering obstacles in construction projects using the Shannon and Vicor entropy method in Mohajeran municipality. *Research in Science, Engineering and Technology*, 16(5), 1–9. (in Persian)

British Standards Institution (BSI). (1993). *BS EN 10025:1993: Hot rolled products of non-alloy structural steels. Technical delivery conditions*.

Dabbagh, M., Mohammadzadeh Basir, H., Farahani, M., Mirghafari, S. R., & Khojaste, P. (2005). *Value engineering*. Rahpardaz Information Technology, Management and Training Consulting Engineers. (in Persian)

Eskandari, M. J., & Emadi, F. (2018). *Investigating the approach of value engineering in industries* [Conference presentation]. National Conference of New and Creative Ideas in Management, Tehran, Iran. (in Persian)

Ilayaraja, K., & Eqyaabal, M. D. Z. (2015). Value engineering in construction. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(32), 1-6. <https://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i32/86837>

Mirzaii, M., & Badri, V. (2016). Identifying effective parameters on value engineering studies and providing implementation solutions in construction projects (case study of Abike Qazvin project). *Shebak*, 8, 11–20. (in Persian)

Nazari Kia, G., Khalilzadeh, M., & Rafii, E. (2021). Applying the integrated approach of value engineering and Anderson Peterson (A&P) complete ranking model in order to identify complications and analyze the organization's scenario (case study: Tehran Tobacco Complex). *Business Reviews*, 8(79), 50–65. (in Persian)

Nejadirani, F., Kamal, D., & Beygzade, Y. (2012). Investigating the effect of value engineering on the performance of a case study organization: Water and Wastewater Administration of West Azerbaijan province. *Productivity Management*, 7(25), 81–106. (in Persian)

Pourreza, M., Zolnooryan, M. H., & Atri, S. E. (2013). *An introduction to value engineering*. Iranian Value Engineering Knowledge Reference. (in Persian)

Sancholi, M. (2016). *Applying value engineering in construction projects with the approach of evaluating green construction alternatives, case study: Mehr Shahre Zahedan housing projects* [Master's thesis, University of Sistan and Baluchestan]. (in Persian)

Shokohi, M. J., & Saybani, M. (2013). *The application of value engineering in the oil industry* [Conference presentation]. The First National Congress of Construction Engineering and Evaluation of Construction Projects, Gorgan, Iran. (in Persian)

Slovenski Standard. (2020). *SIST EN 12973:2020: Value management*. iTeh Standards. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/04ba2b94-f699-492>

Tehrani, R., Karimi, H., & Zadeh, H. M. (2008). *Value and risk integration model in the construction phase of construction projects* [Conference presentation]. National Value Engineering Conference, Tehran, Iran. (in Persian)

Zadeh, G. R. M., Mahali, A. F., & Afrazi, M. S. (2018). The combined approach of value engineering and pure principles in value creation. *Public Policy in Management (Mission of Government Management)*, 1(3), 25–58. (in Persian)

Zhao, C., Yang, E., Nie, Y., & Russo, J. D. (2019). Facility decision making process with modified value engineering approach. *Journal of Corporate Real Estate*, 21(2), 95–112. <https://doi.org/10.1108/JCRE-03-2018-0011>