

نشریه علمی - پژوهشی بهبود مدیریت  
سال نهم، شماره ۳، پیاپی ۲۹، پاییز ۱۳۹۴  
صفحات ۱۳۵ - ۱۰۹

## ماتریس ارزیابی جذابیت- توانمندی ابزار تدوین راهبرد فن آوری (مورد مطالعه: فن آوری فرآیند احیای آهن)

( تاریخ دریافت: ۹۴/۰۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۶ )

رضا انصاری<sup>۱\*</sup>، جواد سلطانزاده<sup>۲</sup>، امیر شریفیان<sup>۳</sup>، مرتضی ناطقیان<sup>۴</sup>، سعید فارابی خانقاهی<sup>۵</sup>

### چکیده

بر اساس چشم‌انداز ۱۴۰۴، تولید فولاد در ایران می‌بایست به عدد ۵۰ میلیون تن در سال افزایش یابد. حرکت در این مسیر نیازمند احداث واحدهای جدید در زنجیره تولید فولاد است، اما همچنان رشد چشم‌گیری در تولید فولاد ایجاد نشده است. مهم‌ترین دلیل امتناع صاحبان سرمایه از احداث واحدهای صنعتی، فشارهای فن‌آورانه این صنعت بر زنجیره تامین، حجم تولید، میزان سرمایه‌گذاری، چالش‌های زیست‌محیطی و تغییر ماهیت شرکت‌ها است. از این رو سیاست‌گذاران می‌بایست با انجام مطالعات مینا در این حوزه، انتخاب فن آوری را برای صاحبان سرمایه تسهیل نموده و با آشنایی متخصصان داخلی با فن‌آوری‌های جدید ظرفیت جذب فن آوری را ارتقا دهند. برای این منظور در مقاله حاضر با معرفی روش‌های تدوین پورتفولیو فن آوری، ماتریس ارزیابی جذابیت- توانمندی به‌عنوان ابزاری مناسب برگزیده شد. همچنین با استفاده از تجربیات موجود و تحقیقات گذشته، عوامل و معیارهای ارزیابی جذابیت- توانمندی در یک بخش ویژه در صنعت فولاد (احیای آهن) استخراج شده و مبتنی بر نظر خبرگان و با استفاده از تاپسیس فازی جایگاه این فن‌آوری‌ها در ماتریس جذابیت- توانمندی تعیین شده است. بدین ترتیب گونه فن‌آوری‌ها و راهبرد آنها برای سیاست‌گذاران شفاف شده است.

### واژگان کلیدی:

صنعت فولاد؛ پورتفولیو تحقیق و توسعه؛ ماتریس ارزیابی جذابیت- توانمندی؛ فن‌آوری‌های احیای آهن؛ تاپسیس فازی

- 
- ۱- \* عضو هیأت علمی گروه مدیریت دانشگاه اصفهان (نویسنده مسئول): r.ansari@ase.ui.ac.ir
  - ۲- دانشجوی دکترای مدیریت تکنولوژی، دانشگاه علامه طباطبائی soltanzadeh921@atu.ac.ir
  - ۳- کارشناس ارشد آینده‌پژوهی، دانشگاه اصفهان
  - ۴- کارشناس ارشد مهندسی مواد، دانشگاه شهید باهنر کرمان
  - ۵- دانشجوی دکترای مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی سمنان

## ۱- مقدمه

ایران با دسترسی به بیش از سه میلیارد تن ذخایر قطعی انواع سنگ آهن جزو یازدهمین صاحبان منابع سنگ آهن در دنیاست؛ اما تولید فولاد در ایران تقریباً ۱۵ میلیون تن در سال است و از این جهت در جایگاه پانزدهم تولید فولاد (کمتر از یک درصد تولید جهانی) قرار دارد.<sup>۱</sup> مبتنی بر چشم‌انداز ۱۴۰۴ تولید فولاد در ایران می‌بایست به عدد ۵۰ میلیون تن در سال افزایش یابد.<sup>۲</sup> حرکت در این مسیر نیازمند احداث واحدهای جدید در زنجیره تولید فولاد است. هر چند در سال‌های گذشته به احداث بیش از ۲۰۰ میلیون تن واحد تولید آهن مجوز داده شده است، اما همچنان رشد چشم‌گیری در تولید فولاد ایجاد نشده است.<sup>۳</sup> مهم‌ترین دلیل امتناع صاحبان مجوز از احداث واحدهای صنعتی، فشارهای فن‌آورانه این صنعت بر زنجیره تامین، حجم تولید، میزان سرمایه‌گذاری، چالش‌های زیست‌محیطی و تغییر ماهیت شرکت‌ها است. به‌طور کلی توسعه و سرمایه‌گذاری در صنعت فولاد دارای ویژگی‌هایی است:<sup>۴</sup> الف) نیازمند هزینه سرمایه‌گذاری اولیه بسیار بالایی است و دوره بازگشت سرمایه نسبتاً طولانی دارد؛ ب) با افزایش شدت توسعه‌های فن‌آورانه در دو دهه اخیر مواجه است؛ ج) نیازمند انرژی بالایی است و راندمان پایینی دارد؛ د) آلاینده‌گی بالایی داشته و از سوی نهادهای حافظ محیط‌زیست به‌شدت متحمل فشارهای قانونی و اجتماعی است؛ ه) صرفه اقتصادی آن در حجم انبوه تعریف شده و نیازمند دسترسی مستمر به مواد اولیه بسیار و متناسب با فرآیند فن‌آورانه است؛ و) تفاوت ذاتی فرآیندهای فن‌آورانه تولید متنوع و مواد خام، وابستگی به مسیر را ایجاد کرده‌است؛ به‌عبارت دیگر، میان روش‌های مختلف تولید تمایز برجسته‌ای وجود دارد و تغییر فن‌آورانه در یک واحد ایجاد شده تقریباً ناممکن است. بر این اساس، انتخاب فن‌آوری فرآیندی مناسب تولید مسئله‌ای چالش‌برانگیز برای صاحبان سرمایه است. مواجهه سیاست‌گذاران و مدیران فن‌آورانه با تخصیص منابع همیشگی بوده و آنان همواره درصدد توسعه روش‌هایی بر آمده‌اند. به‌ویژه آن‌که، پروژه‌های توسعه‌ای و اکتساب فن‌آوری مهم‌ترین عنصر در نوسازی، پایداری و رقابت‌پذیری بنگاه‌هاست [۱]. در این راستا، پورتفولیوی فن‌آوری به‌منظور تعریف تصمیمات پیرامون ترکیب فن‌آوری و استراتژی فن‌آوری، دستیابی به اهداف سرمایه‌گذاری‌ها، برقراری توازن میان ریسک/عملکرد و تخصیص دارایی‌های معرفی شده است [۲]. دو رویکرد را تدوین پورتفولیوی فن‌آوری و تخصیص منابع می‌توان ارایه نمود: الف) رویکرد غیر رسمی که مسئله تخصیص توسط گروه‌های کانونی و با نظر خبرگان به صورت شهودی انتخاب شود؛ ب) رویکرد رسمی که درصدد ارایه مدل و چارچوبی برای تصمیم‌گیری مبتنی بر شیوه‌های حل مسئله است [۳]. محققان [۴-۷] مدل‌های مختلفی برای ارزیابی فن‌آوری و تدوین پورتفولیوی فن‌آوری ارایه کرده‌اند. در اغلب این مطالعات بر روش‌های حل تاکید شده و طیف گسترده‌ای از روش‌های تحلیل سود-منفعت، شبیه‌سازی، نظریه‌های صف و دیگرام‌های حبابی تاکید شده است؛ اما کمتر به شاخص‌های مناسب برای ارزیابی توجه کرده‌اند.

۱ منبع: انجمن جهانی فولاد؛ (<http://www.worldsteel.org/>)

<sup>۲</sup> <http://www.worldsteel.org/>

<sup>۳</sup> <http://www.worldsteel.org/>

<sup>۴</sup> خلاصه مصاحبه انجام شده با پنج خبره صنعت فولاد که همگی بالای ۱۵ سال سابقه مدیریتی در این صنعت دارند.

مقاله حاضر تلاش دارد در راستای ایجاد تصویر شفاف از فن‌آوری‌های فرآیند احیای آهن در صنعت فولاد شاخص‌هایی را در ذیل چارچوبی دوبعدی ارزیابی فن‌آوری تحت عنوان ماتریس جذابیت-توانمندی را ارائه کرده و به بررسی و تحلیل بپردازد. برای این منظور معیارها و عوامل جذابیت از مطالعات و تجربیات گذشته احصا شده و در تعامل و نظرخواهی از خبرگان جهت استفاده در صنعت تصحیح، تعدیل و تدقیق شده است. برای دسترسی به خبرگان و همچنین گردآوری داده نیز صنعت فولادسازی (و به‌طور خاص در فرآیند احیا) مورد توجه قرار گرفته است. بدین ترتیب در بخش دوم به‌مرور روش‌های تدوین پورتفولیو پرداخته می‌شود و در بخش سوم چارچوبی مبتنی بر ماتریس ارزیابی جذابیت- توانمندی ارائه می‌گردد. در بخش چهارم جایگاه صنعت فولاد و اهمیت فن‌آوری‌های احیا مستقیم در زنجیره صنعت فولاد تبیین می‌شود. روش تحقیق نیز در بخش پنجم تشریح شده که تجزیه و تحلیل مبتنی بر تاپسیس فازی است. در آخر نتایج گردآوری شده به همراه تحلیل سبد فن‌آوری‌های احیای مستقیم ارائه می‌گردد.

## ۲- چارچوب تدوین پورتفولیو

هدف اصلی در چارچوب‌بندی پورتفولیوی فن‌آوری محدود کردن دسته‌ای از پروژه‌ها است که بتواند ریسک‌ها و منافع را توازن بخشد و با استراتژی‌های جمعی سازگاری داشته باشد. اولین روش توسعه یافته به‌منظور سازمان‌دهی تصمیم‌گیری تحقیقاتی در پورتفولیوهای مالی بر اساس مدل روش (میانگین - واریانس) توسط مارکوویتز<sup>۱</sup> [۸] طراحی شد. این مدل به‌منظور کمک در انتخاب اثرگذارترین پورتفولیوها بر مبنای نرخ بازگشتی مورد انتظار (میانگین) و واریانس پورتفولیوهای گوناگون خلق گردید. یو<sup>۲</sup> نیز مدلی را به‌منظور ارزیابی ریسک‌ها در محیط چندگانه ارائه کرد [۹]. در حوزه مطالعات استراتژیک نیز گروه بوستون ماتریسی مبتنی بر رشد-سهم ارائه می‌کنند که مبنای مطالعات و توسعه چارچوب توسط شرکت مک‌کینزی<sup>۳</sup> نیز می‌شود [۱۰]. دی [۱۱] نیز در مطالعات خود چارچوبی را ارائه می‌دهد که منابع سازمان می‌بایست در تناظر با قدرت کسب و کار و جذابیت صنعت تخصیص یابد؛ این چارچوب البته اشاره به انتخاب کدام فن‌آوری و همچنین محصولات مرتبط با آن نمی‌نماید. برخی مدل‌های پیچیده نیز به‌منظور ارزیابی ماهیت واقعی پروژه‌های فن-آوری محور توسعه پیدا کرده‌اند مانند یک روش غیر خطی به نام مدل برنامه‌ریزی ترکیبی که از ماتریس‌های کمی ارتباطات بین پروژه‌ها به‌منظور بهینه‌سازی انتخاب پروژه‌ها استفاده می‌کند. اسمیت و همکاران<sup>۴</sup> [۱۲]، از یک رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده کرده‌اند که تمام پورتفولیوهای ممکن با ارزش علمی حداکثر و محدودیت‌های بودجه‌ای خاص آن را بررسی می‌کنند. برای محاسبه ارزش علمی هر پورتفولیو از اکتشاف اهداف استراتژیک استفاده شده است. محققان دیگری چون ویل‌رایت و کلارک<sup>۵</sup> [۱۳]، کوپر و

<sup>۱</sup> Markowitz

<sup>۲</sup> YU

<sup>۳</sup> McKinsey

<sup>۴</sup> Smith et al

<sup>۵</sup> Wheelwright and Clark

کلین‌اشمیت<sup>۱</sup>، بوهانک و همکاران<sup>۲</sup>، قاسم‌زاده و آرچر<sup>۳</sup>، کستر و همکاران<sup>۴</sup> [۱۷] روش‌هایی را برای تدوین پورتفولیو تحقیق و توسعه و فن‌آوری، ارایه کرده‌اند. هیدنبرگر و همکاران<sup>۵</sup> [۱۸] روش‌های کمی انتخاب پورتفولیوی فن‌آوری را در شش دسته تقسیم کرده‌اند: (۱) روش‌های اندازه‌گیری سود که پروژه‌ها را با توجه به سود حاصل از آنها با در نظر گرفتن محدودیت‌هایشان رتبه‌بندی می‌نماید؛ (۲) برنامه‌ریزی بهینه‌یابی ریاضی سود مورد انتظار به همراه تشخیص محدودیت‌های منابع در دسترس؛ (۳) نظریه بازی و تصمیم که به عدم قطعیت‌های رخدادهای آتی و رویکرد شرکت‌ها در برابر تغییرات محیطی می‌پردازد؛ (۴) مدل‌های شبیه‌سازی سیستم‌ها؛ (۵) جستجوهای فراابتکاری که به پاسخ‌های قابل قبول می‌انجامد ولی لزوماً پاسخ بهینه‌ای برای مسائل پیچیده ارایه نمی‌دهد؛ و (۶) شبیه‌سازی شناختی با استفاده از تجربیات قبلی. دسته‌بندی دیگری توسط کوپر و همکاران [۱۹] نیز ارایه شده است، طبقه‌بندی که شامل روش‌های دیگری برای سنجش ارزش پروژه‌ها همچون مدل‌های مالی، مدل‌های مالی احتمالی<sup>۶</sup>، تئوری قیمت‌گذاری گزینه‌ها<sup>۷</sup>، گزینه‌ها<sup>۸</sup>، رویکردهای استراتژیک، مدل‌های نمره‌دهی و چک‌لیست‌ها، رویکرد تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی<sup>۹</sup>، رویکردهای رفتاری و دیاگرام‌های حبابی<sup>۹</sup> است. هر چند این مطالعات پیشرفت‌های مناسبی در مطالعات تدوین پورتفولیو هستند اما چالش‌هایی نیز برای استفاده از آنها وجود دارد: الف) برخی از این مدل‌ها، دارای ساختار ریاضی بسیار پیچیده و پارامترهای مستقل متعددی هستند که امکان تخمین این پارامترها برای مطالعات و پروژه‌های متعددی ناممکن بوده و در نتیجه مدل‌های ریاضی را می‌بایست با مفروض دانستن عوامل متعددی حل کرد که خود از اعتبار ریاضی مدل می‌کاهد. ب) همچنین اکثر این مدل‌ها بر جنبه مالی و اقتصادی طرح‌ها و یا فن‌آوری‌ها، تاکید دارند و جنبه فن‌آورانه آن مغفول می‌ماند. ج) در آخر نیز مدل‌های موجود شاخص‌های شفاف‌تری را ارایه نمی‌کنند؛ البته باید توجه داشت شاخص‌های ارایه شده در مدل‌ها نیز به شدت وابسته به مورد مطالعه است در فن‌آوری‌های مختلف و یا شرایط صنعتی متفاوت امکان بهره‌مندی از آنها نیست. از این‌رو، در مقاله اخیر چارچوب ارزیابی جذابیت-توانمندی به عنوان ابزاری مناسب برای تدوین پورتفولیو فن‌آوری پیشنهاد شده است که علاوه بر الف) سادگی بهره‌مندی از آن، ب) تاکید فن-آورانه بر ارزیابی‌ها و انتخاب دارد و ج) امکان ارایه شاخص‌های متناسب با مورد مطالعه را فراهم می‌آورد.

### ۳- ماتریس ارزیابی جذابیت و توانمندی

ماتریس ارزیابی جذابیت-توانمندی ابزاری است که در شناسایی اولویت‌های فن‌آورانه و اتخاذ استراتژی مناسب نسبت به آنها می‌توان از آن بهره گرفت. در فرآیند تخصیص منابع (از جمله منابع سرمایه‌ای، انسانی،

<sup>۱</sup> Cooper and Kleinschmidt

<sup>۲</sup> Bohanec et al.

<sup>۳</sup> Ghasemzadeh, N.P. Archer

<sup>۴</sup> Kester et al.

<sup>۵</sup> Heidenberger et al

<sup>۶</sup> Probabilistic Financial Models

<sup>۷</sup> Options Pricing Theory

<sup>۸</sup> Analytical Hierarchy Approaches

<sup>۹</sup> Bubble Diagrams

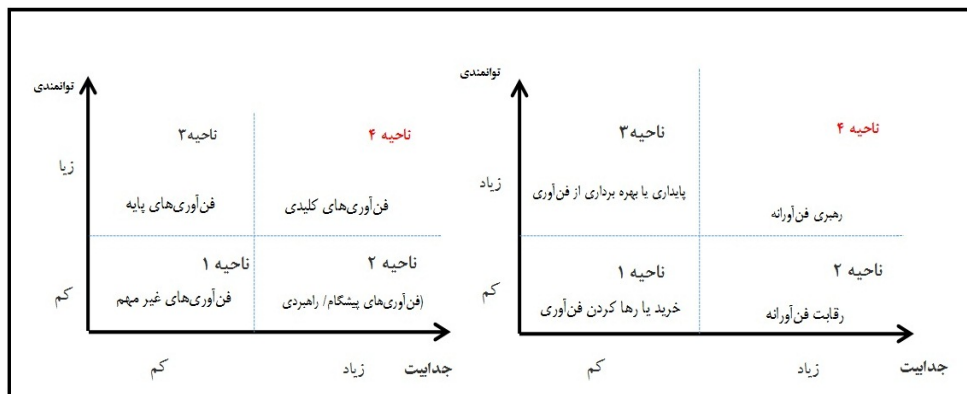
تجهیزات و تسهیلات فیزیکی) به برنامه‌های راهبردی همواره نوعی رقابت داخلی برای غلبه بر محدودیت منابع وجود دارد [۲۰] در واقع با بهره‌گیری از نتایج به‌دست آمده در ارزیابی جذابیت و توانمندی، جایگاه راهبردی فن‌آوری‌ها تعیین شده و فن‌آوری‌های کلیدی تعیین می‌شوند [۲۱]. اما استفاده از این ابزار نیازمند تعریف و توسعه عوامل و معیارهایی است که امکان ارزیابی چندبعدی و همچنین جامعی را فراهم آورد [۳]. مدل‌های ارزیابی فن‌آوری بر اساس چارچوبی دو بعدی شکل گرفته‌اند [۲۲-۲۵]. یکی از ابعاد این مدل‌ها عوامل داخلی را معرفی می‌کند که عمدتاً تحت کنترل بنگاه‌ها (و سازمان‌ها/کشورها) هستند و وابسته به رفتار و تصمیمات آنها هستند. این گروه از عوامل تحت عنوان توانمندی فن‌آورانه شناخته می‌شوند [۲۶، ۲۷]. در عواملی که مبین توانمندی‌های مستتر در بنگاه هستند و در جریان منحنی‌های یادگیری و رشد بنگاه در حرکت هستند، به عنوان «توانمندی فن‌آورانه» شناخته می‌شوند [۱۰، ۲۸، ۲۹].<sup>۱</sup> همچنین عواملی بیرون از سازمان وجود دارند که در ورای کنترل سازمان هستند از جمله این عوامل می‌توان به رفتار مشتری، رقبا، دولت‌ها و دیگر ذی‌نفعان اشاره کرد؛ این عوامل جایگاه فن‌آوری را بیرون از بنگاه تبیین می‌کنند که تحت عنوان جذابیت فن‌آورانه مطرح است [۳۰، ۳]. هکس و مجلوف [۲۱] در مطالعه خود، دومین وظیفه در فرآیند پایش محیطی را ارزیابی میزان جذابیت هر یک از فن‌آوری‌های کنونی شرکت (یا فن‌آوری‌هایی که برای استفاده در محصولات و فرآیندها مد نظر هستند) معرفی می‌کنند. یک فن‌آوری با سطح بالای جذابیت به هنگام کاربردی شدن به‌طور عمده‌ای وضعیت رقابتی سازمان را بهبود می‌دهد. برای گونه‌شناسی و اتخاذ راهبرد فن‌آوری، می‌بایست جذابیت هر فن‌آوری و توانمندی بنگاه (کشور) در آن به‌صورت توأم در نظر گرفته شود. برای این منظور، نمودار جذابیت - توانمندی برای فن‌آوری‌ها ترسیم شده تا بتوان بر اساس آن نسبت به نوع راهبرد مناسب برای آن فن‌آوری تصمیم‌گیری کرد. تحلیل‌های مختلفی بر اساس نمودار جذابیت - توانمندی می‌توان انجام داد که در شکل‌های ۱-الف و ۱-ب نشان داده شده است.

در ارتباط با هر کدام از فن‌آوری‌های موجود در این چهار ناحیه می‌توان رویکردی راهبردی اتخاذ کرد:

- ناحیه (۱): فن‌آوری‌هایی که در این ناحیه قرار می‌گیرند از جذابیت بالایی برخوردار نبوده و توانمندی شرکت نیز در آنها پایین است. این فن‌آوری‌ها غیر ضروری هستند؛ راهبرد مناسب شرکت واگذاری به شرکت‌های دیگر و یا عدم تمرکز بر آنهاست.
- ناحیه (۲): فن‌آوری‌های این ناحیه از جذابیت بالایی برخوردارند و بنابراین مهم هستند، ولی توان شرکت در آنها ناچیز است. دو راهبرد متفاوت می‌توان پیرامون این فن‌آوری‌ها اتخاذ نمود: الف) بنگاه از خدمات بنگاه‌های موفق استفاده کند و یا ب) بنگاه به تقویت توانمندی‌های خود در زمینه این فن‌آوری‌ها بپردازد.

<sup>۱</sup> در برخی مقالات دو عبارت ارزیابی توانمندی تکنولوژیک (Technological Capability Assessment) و ارزیابی رقابت‌پذیری فن‌آوری (Technology Competitiveness Assessment) به صورت جایگزین به کار برده شده است.

- ناحیه (۳): فن‌آوری‌های این ناحیه جذابیت بالایی ندارند ولی توانمندی شرکت در آنها زیاد است. به دلیل تسلط شرکت بر این فن‌آوری‌ها، راهبرد مناسب می‌تواند واگذاری آنها به شرکت‌های دیگر یا استفاده از آنها در محصولات دیگر باشد.
- ناحیه (۴): فن‌آوری‌های این ناحیه از اهمیت زیادی برخوردارند زیرا جذابیت بالایی دارند و در عین حال توان شرکت نیز در آنها بالاست. راهبرد مناسب برای فن‌آوری‌های مذکور این است که اولاً با اولویت بالایی در فهرست اکتساب قرار گیرند و ثانیاً به دلیل توانی که شرکت در زمینه آنها دارد به‌صورت تحقیق و توسعه داخلی یا مشارکتی کسب شوند.



شکل ۱. الف) تحلیل انواع فن‌آوری‌ها از منظر رقابتی، ب) تحلیل انواع راهبرد فن‌آوری‌ها

هکس و مجلوف [۲۱، ۱۰] جذابیت فن‌آوری اثر فن‌آوری در بیرون از بنگاه دانسته و معیارهایی را تعریف کرده‌اند که امکان تحلیل بیرونی هر فن‌آوری را ممکن می‌سازد؛ معیارهایی از قبیل: پتانسیل تقویت مزیت رقابتی در محصول و در فرآیند، نرخ تغییر فن‌آوری، پتانسیل ارزش افزوده، تاثیر بلند مدت فن‌آوری (بر روی هزینه‌ها، عملکرد و کیفیت) و تاثیر بر استانداردهای صنعت. در مطالعه جولی [۲۸، ۳] شاخص‌های جذابیت به چهار طبقه تقسیم شده‌اند.

#### الف) پتانسیل بازار

این دسته می‌بایست مزایای تجاری که با استفاده از فن‌آوری می‌توان به آنها دست یافت را پوشش دهد. در تصمیم‌گیری پیرامون اکتساب یک فن‌آوری می‌بایست بازار، تقاضا و مشتری‌ها به عنوان پیشران‌های کلیدی مورد توجه قرار گیرند. به منظور تشخیص پتانسیل بازار جولی سه معیار را معرفی کرده است: حجم ایجاد شده در بازار توسط فن‌آوری محدوددهی کاربردی و حساسیت بازار به عوامل فنی. هرچه حجم ایجاد شده در بازار توسط فن‌آوری بیشتر باشد پتانسیل بازار نیز بیشتر خواهد بود؛ خواه فن‌آوری منجر به تولید محصول شود

و خواه فن‌آوری مرتبط با فرآیند باشد. پتانسیل بازار تابعی از محدوده‌ی کاربردی است که فن‌آوری ایجاد می‌کند. فن‌آوری‌ها ممکن است توانایی متفاوتی در دستیابی به بازارهای متنوع (بر اساس کاربردهای متفاوت) داشته باشند.

هم‌چنین افزایش حساسیت بازار به عوامل فنی نیز باعث افزایش جذابیت فن‌آوری خواهد بود. پیشرفت‌های فنی در فن‌آوری ممکن است منجر به ارضای رضایت بخش نیازهای مشتری شود تا تمامی استثنائات بازار تحت پوشش قرار گیرد اما باید توجه داشت که مشتری ممکن است توجهی به عملکرد فنی نشان ندهد.

### ب) وضعیت رقابتی

رقابت پیش‌ران مهمی در توسعه فن‌آورانه است؛ چراکه فن‌آوری در نهایت باید راه خود را در بازار رقابت پیدا کند. فن‌آوری به مجرد کسب مزیت رقابتی دارای جذابیت خواهد شد. مدیران می‌بایست به هنگام تخصیص منابع به پروژه‌های فن‌آوری توجه ویژه‌ای به سطوح رقابتی مبذول دارند. هکس و مجلوف، وضعیت رقابتی را در دو دسته‌ی محصول و فرآیند بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیدند که وقتی اکثریت نوآوری‌ها در حال افزایش‌اند، سازمان‌های کمی می‌توانند آن را حفظ نمایند [۱۰]. جولی، شش معیار در ارزیابی وضعیت رقابتی را بررسی نموده است: پویایی رقابت داخلی-خارجی، سطح درگیری رقبا در فن‌آوری، شدت رقابتی، تاثیر فن‌آوری بر مسائل رقابتی، موانع تقلید یا پیروی و پتانسیل توسعه‌ی یک طراحی غالب.

اولین معیار تنوع، تعداد رقباست. وقتی تعداد زیادی از رقبا به استفاده از نوعی فن‌آوری برای ورود به کسب و کاری روی می‌آورند بدین معناست که آن کسب و کار جذاب است. سطح درگیری رقبا در فن‌آوری برگرفته از تحلیل رقباست که توسط پورتر [۳۱] ارایه شده است و بدین معناست که درگیر بودن رقبا با یک نوع فن‌آوری جذابیت آن را افزایش می‌دهد. شدت رقابتی نیز سطح متوسط رقابت برای توسعه‌ی فن‌آوری است؛ شرکت‌ها به‌هنگام تشخیص جذابیت به سختی با هم به رقابت می‌پردازند و هنگامی که پیشبینی محدودی نسبت به آینده داشته باشند طبعاً آمادگی کمی برای رقابت خواهند داشت. هم‌چنین شرکت‌ها ممکن است در هزینه، کیفیت، سرعت توسعه، سرعت انتقال و عملکرد با هم در رقابت باشند؛ اما آنچه اهمیت دارد مشارکت در فن‌آوری، به‌منظور ساخت حاشیه‌ی رقابتی است. مفهوم تقلید یا پیروی مشتق شده از سازمان‌های صنعتی است. در واقع این معیار نشان‌دهنده ظرفیت فن‌آوری برای حمایت از موانع مرتبط با منابع فن‌آوری است (شامل تهیه منابع یا تقلید از آنها). در نهایت معیار توسعه‌ی یک طراحی غالب اشاره به این موضوع دارد که هنگامی که یک طراحی غالب در یک فن‌آوری وجود ندارد سازمان شانس این را دارد تا آن را خلق کند و هنگامی که یک طراحی قالب موجود است شرکت‌ها برای بقا می‌بایست از آن استفاده کرده و سهم بازارشان را تسهیم نمایند.

### ج) پتانسیل فنی

پنج معیار مختلف برای ارزیابی پتانسیل فنی استفاده می‌شود: وضعیت فن‌آوری در چرخه عمر، پتانسیل پیشرفت، فاصله با فن‌آوری‌های رقیب، تهدید فن‌آوری‌های جایگزین و پتانسیل برای انتقالات واحد به واحد.

چرخه عمر فن آوری نشان دهنده‌ی علاقه به فن آوری در طول زمان است و تکامل عملکرد فن آوری را به- عنوان تابعی از تحقیقات شرکت توصیف می‌کند. هنگامی که یک فن آوری در حال ظهور است فضای وسیعی برای بهبود آن وجود دارد و جذابیت آن بالاست. هنگامی که عملکرد یک فن آوری در وضعیت ثبات است و بهبودی در آن حاصل نخواهد شد جذابیت پایینی وجود دارد. مفهوم پتانسیل پیشرفت فن آوری اختلاف بین سطح عملکرد موجود فن آوری و حداکثر توانایی آن است. هرچه این اختلاف بیشتر باشد جذابیت فن آوری نیز بیشتر است. فاصله عملکردی فن آوری با فن آوری‌های رقیب نیز نشان دهنده توانایی یک فن آوری در پیش افتادن از رقابت است. احتمال جایگزینی فن آوری در تمام مراحل چرخه عمر محصول وجود دارد اما این احتمال در مرحله بلوغ فن آوری بسیار افزایش می‌یابد. چهارمین معیار بیان‌گر این موضوع است که تهدیدات فن- آوری‌های جایگزین از جذابیت یک فن آوری می‌کاهد. آخرین معیار پتانسیل انتقالات واحد به واحد است که به معنی توانایی انتقال افقی فن آوری به واحدهای مختلف سازمان است. آسان بودن یا نبودن این انتقال بستگی به ذات فن آوری دارد.

#### د) وضعیت سیاسی - اجتماعی

جذابیت فن آوری تنها یک موضوع مرتبط با بازار، رقابت و ابعاد فنی نیست. ابعاد سیاسی- اجتماعی نیز ممکن است بر توسعه‌ی حوزه‌ی فن آوری اثر گذار باشد. دو معیار اتخاذ شده در این زمینه عبارتند از: فشارهای اجتماعی از یک سو و حمایت‌های عمومی از سوی دیگر. فن آوری‌های جدید می‌توانند نکات منفی در پی داشته باشند مانند حوادث کاری و آلودگی هوا. اثرات منفی فن آوری‌ها ممکن است مزایایی برای گروه متنوعی از ذی‌نفعان در پی داشته باشد. بر این اساس، ذی‌نفعان می‌توانند با اعمال فشار بر سازمان خواستار توسعه‌ی این فن آوری‌ها شوند.

#### ۲-۲- معیارهای ارزیابی توانمندی فن آورانه

هکس و مجلوف، در مطالعه خود به منظور بررسی توانمندی فن آورانه، معیارها را به دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌کنند: ظرفیت‌های فن آوری و عایدات فن آورانه [۱۰]. ظرفیت‌های فن آوری شامل معیارهای ظرفیت منابع انسانی، تجهیزات و آزمایشگاه‌ها، دسترسی به منابع خارجی و پتنت‌های اخیر سازمان است. گروه عایدات فن- آوری نیز معیارهای کاهش هزینه در طراحی، کاهش هزینه در تولید، استفاده مؤثر در استانداردهای تولید، انگیزه به دست آوردن فن آوری و کیفیت محصول را در بر می‌گیرد. در مطالعه جولی [۳، ۲۸] شانزده معیار برای ارزیابی توانمندی فن آوری مطرح شده است که این معیارها در دو دسته گروه‌بندی شده‌اند. دسته اول مرتبط با ظرفیت‌های فنی سازمان هستند که منابع فن آورانه آن قابل کنترل است و گروه دوم، دیگر منابع قابل کنترل (منابع مکمل) را شامل می‌شود.

#### الف) ظرفیت فنی - فن آورانه

ارزیابی منابع فن آورانه باید از چند منظر مورد توجه قرار گیرد: دارایی‌های محسوس، دارایی‌های غیر محسوس و منابع انسانی. در این راستا نه معیار مختلف توسعه یافته است. معیار منشأ دارایی بیان‌کننده‌ی امکان



وابستگی به منابع خارجی است. شرکت می‌تواند از لحاظ فن‌آوری به منابع دیگری مانند دانشگاه‌ها، سازمان‌های دیگر و یا مراکز تحقیقات عمومی وابسته باشد و یا ممکن است فن‌آوری در داخل شرکت توسعه یافته باشد. در این صورت سازمان از استقلال فن‌آورانه برخوردار است. بی‌ارتباطی با کسب‌وکار اصلی، نشان‌دهنده‌ی پتانسیل مشارکت فن‌آورانه در قابلیت‌های محوری سازمان است. هرچه بی‌ارتباطی کم‌تر باشد به دلیل هم‌افزایی مورد انتظار، توانمندی بیشتر خواهد بود. میزان تجربه و آشنایی با فن‌آوری معیار سوم است. سازمان ممکن است با نوعی فن‌آوری، آشنا باشد و روی آن تحقیقات بسیاری انجام داده باشد و در مقابل ممکن است سازمان با نوعی از فن‌آوری کاملاً بیگانه باشد. در پتنت‌های ثبت شده نیز هرچه پتنت‌های ثبت شده وسیع‌تر باشد، محافظت گسترده‌تر است و سازمان در آن فن‌آوری قدرتمندتر خواهد بود. ارزش تجهیزات و آزمایشگاه‌ها و میزان تخصص واحدهای تحقیق و توسعه اشهر به سطح وجود توانمندی‌های فیزیکی و نیروی انسانی شرکت‌ها در انجام تحقیقات کاربردی و پایه‌ای دارد. همچنین تسهیم دانش فن‌آورانه بر فرآیندهای مدیریت یادگیری و مدیریت دانش در سازمان در رابطه با فن‌آوری مربوطه تأکید دارد.

### ب) منابع مکمل

نخستین معیار ظرفیت ارتباطات سازمان با مجامع علمی در راستای همراه بودن با آخرین دانش‌های بنیادین در علم و تکنیک‌هاست. برای برقراری این ارتباط ساختن راه‌هایی به منظور بهره‌برداری از تحقیقات بنیادین از چنین سازمان‌هایی ضروری می‌نماید. هراندازه این ارتباط قوی‌تر باشد سازمان وضعیت منسجم‌تری در قبال فن‌آوری خواهد داشت. معیار دیگری که مطرح است ظرفیت مالی سازمان برای توسعه‌ی فن‌آوری است. مدیران تحقیق و توسعه به خوبی این مسأله واقف هستند که به منظور جذب بودجه‌های تحقیقاتی فن‌آوری می‌بایست ظرفیت موجود را داشته باشد. معیار بعدی در منابع مکمل تحقیق و توسعه-بازاریابی و تحقیق و توسعه-تولید است. واحد تحقیق و توسعه به هیچ وجه نباید به صورت مستقل عمل کند. روابط بین تحقیق و توسعه با بازاریابی و همچنین تحقیق و توسعه با بخش تولید دارای‌های غیر محسوسی هستند که می‌بایست به‌طور وسیعی توسعه یابد. رقابت فن‌آورانه وابسته به قدرت ارتباط بین تحقیق و توسعه و بازاریابی است. مدیران همچنین باید توجه ویژه‌ای به کیفیت رابطه بین تحقیق و توسعه و تولید داشته باشند. معیار ظرفیت در برابر کپی‌برداری و تقلید از فن‌آوری به عنوان عاملی مهم در ساخت مزیت رقابتی فن‌آورانه همواره باید مدنظر قرارگیرد. معیار بعدی در مورد طراحی‌های فن‌آورانه سازمان است که در آن می‌بایست به این نکته توجه شود که آیا ویژگی‌های فنی فن‌آورانه مورد پذیرش بازار قرار خواهد گرفت یا خیر. آخرین معیار نیز به اهمیت زمان در مبارزه رقابتی کنونی اشاره دارد و چگونگی کاهش زمان در رقابت فن‌آورانه مسأله اصلی در این مبحث است.

مطالعات دیگری نیز پیرامون معیارهای ارزیابی جذابیت و توانمندی انجام شده است. میکولا [۳۲]، ماتریس ارزیابی جذابیت و توانمندی را به‌منظور ابزاری برای تحلیل پورتفولیوهای تحقیق و توسعه استفاده کرده است. وی توانمندی را به عنوان مزیت‌های رقابتی تعریف می‌کند که یک فن‌آوری در بر خواهد داشت و جذابیت را در منافع مشتری نهایی فن‌آوری می‌سنجد. از دیدگاه میکولا توانمندی فن‌آوری در توجه به عواملی از قبیل

هزینه‌های تولید و مشخصات فنی هر فن‌آوری مشخص می‌گردد. در سوی دیگر جذابیت نیز با توجه به به منافع و مشکلاتی که این فن‌آوری برای مشتری به همراه دارد سنجیده شده است. لین و هسی [۳۳] به منظور توسعه یک مدل تصمیم‌گیری در واحدهای تحقیق و توسعه با استفاده از تئوری فازی ماتریس جذابیت و توانمندی را تحلیل کردند. آنها معیارهای ارزیابی توانمندی فن‌آوری را در چهار گروه تولید، بازاریابی، مهندسی تحقیق و توسعه و مدیریت دسته‌بندی نموده‌اند و جذابیت را نیز در گروه‌های عوامل بازار، عوامل رقابتی، عوامل دولتی و اقتصادی و عوامل اجتماعی طبقه‌بندی کرده‌اند. عباسی و همکاران [۳۴]، نیز ایجاد پورتفولیوی متوازن پروژه‌های تحقیق و توسعه دو دسته عوامل جذابیت و توانمندی را ارائه کرده‌اند. آنها در مطالعات خود جذابیت را به عنوان «معیارهای برون‌زا»<sup>۱</sup> (از قبیل وضعیت چرخه عمر، ملاحظات محیطی و ایمنی، موانع تقلید، شدت رقابت رقا، پتانسیل پیشرفت، تاثیر بر حجم بازار)، توصیف کرده و توانمندی را به عنوان «معیارهای درون‌زا»<sup>۲</sup> (از قبیل ظرفیت تحقیق و توسعه، ظرفیت مالی، روابط فن‌آورانه) معرفی کرده‌اند. جمع‌بندی این معیار در جدول ۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱. معیارهای ارزیابی جذابیت و توانمندی فن‌آوری

عوامل	معیارهای جذابیت	جولی			معیارهای توانمندی	عوامل	ظرفیت فنی فن‌آورانه	لین و هسی (۲۰۰۳)	میکولا (۲۰۰۰)	هکس و مجوف (۱۹۹۲)	جولی		
		۲۰۱۲	۲۰۰۸	۲۰۰۲							۲۰۱۲	۲۰۰۸	۲۰۰۲
پتانسیل بازار	حجم ایجاد شده در بازار توسط فن-آوری	✓	✓	✓	پتنت‌های ثبت شده پیرامون فن-آوری	ظرفیت فنی فن‌آورانه				✓	✓	✓	
	تنوع ایجاد شده در بازار توسط فن-آوری	✓	✓	✓	میزان نهادسازی پیرامون نظام محافظت دارایی فکری						✓	✓	✓
وضعیت رقابتی	شدت افزایش تعداد رقا	✓	✓	✓	میزان آزمایشگاه و تجهیزات شرکت پیرامون فن-آوری					✓	✓	✓	
	سرمایه‌گذاری رقا در تحقیق و توسعه	✓			تجربه انباشته شده در زمینه فن‌آوری					✓			

<sup>۱</sup> Exogenous measures  
<sup>۲</sup> Endogenous measures

			√	√	√	توانمندی های تیم تحقیقات بنیادی				√	√	√	سطح رقابت برای توسعه فن آوری	توانمندی مکتوم	پتانسیل فن
		√				دسترسی به منابع خارجی			√	√	√	√	موانع تقلید و کپی سازی		
			√	√	√	توانمندی ها در بهره برداری از فن آوری				√	√	√	پتانسیل توسعه ی یک طراحی غالب		
			√	√	√	ارتباط انجمن های علمی				√	√	√	وضعیت فن - آوری در چرخه عمر		
			√	√	√	ارتباط دانشگاه ها				√	√	√	اختلاف سطح عملکرد فعلی با حداکثر توانایی آن		
			√	√	√	ارتباط پارک های علم و فن آوری و مراکز رشد				√	√	√	فاصله عمر فن آوری با جایگزین ها		
			√	√	√	همکاری های فن آوران کشورهای			√				میزان تهدید فن آوری های جایگزین		
			√	√	√	همکاری های فن آوران با تامین کنندگان			√				تأثیر بلند مدت بر روی هزینه		
			√	√	√	همکاری های فن آوران با مشتریان			√				تأثیر بلند مدت بر روی کیفیت		
			√	√	√	روابط همکارانه میان تحقیق و توسعه و بازاریابی	√	√		√	√	√	آلایندگی زیست محیطی		
√						روابط همکارانه میان تحقیق و توسعه و بهره برداری				√	√	√	پشتیبانی قوانین و مقررات صنعتی		
	√	√				وضعیت به اشتراک گذاری و تبادل دانش		√					مصرف منابع انرژی		
			√	√	√	میزان سرمایه گذاری در تحقیق و				√	√	√	همراستایی با اسناد بالادستی		



جدول ۲. میزان تولید فولاد به تفکیک در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ (منبع: انجمن جهانی فولاد)

رتبه	نام کشور	۲۰۱۲	۲۰۱۳	درصد رشد
۱	چین	۷۳۱	۷۷۹	۶/۵۶
۲	ژاپن	۱۱۰٫۶	۱۰۷/۲	-۳/۰۸
۳	آمریکا	۸۶/۹	۸۸/۷	۲/۰۷
۴	هند	۸۱/۲	۷۷/۳	-۴/۸۱
۵	روسیه	۶۸/۷	۷۰/۴	۲/۴۷
۶	کره جنوبی	۶۶/۱	۶۹/۱	۴/۵۳
۷	آلمان	۴۲/۶	۴۲/۷	۰/۲۳
۸	ترکیه	۳۴/۷	۳۵/۹	۳/۴۵
۹	برزیل	۳۴/۲	۳۴/۵	۰/۸۷
۱۰	اوکراین	۳۲/۸	۳۳	۰/۶
۱۱	ایتالیا	۲۴/۱	۲۷/۳	۱۳/۲۷
۱۲	تایوان	۲۲/۳	۲۰/۷	-۷/۱۸
۱۳	مکزیک	۱۸/۲	۱۸/۱	-۰/۵۵
۱۴	فرانسه	۱۵/۷	۱۵/۶	-۰/۶۴
۱۵	ایران	۱۵	۱۵	۰
۱۶	اسپانیا	۱۳/۸	۱۳/۶	-۱/۴۵
۱۷	کانادا	۱۲/۷	۱۳/۵	۶/۳۹
۱۸	انگلیس	۱۱/۹	۹/۶	-۱۹/۳۳

صنعت فولاد در عمر بیش از صدساله خود دستخوش تغییرات مهمی شده است؛ از توسعه فن‌آوری‌های آن گرفته تا افزایش اهمیت منابع انرژی و مسائل زیست محیطی و همچنین دسترسی به منابع اولیه [۳۷-۳۹] و پیشی گرفتن کشورهایی چون کره جنوبی، چین و هند در تولید و صادرات. با مروری بر نقشه‌راه صنعت فولاد آمریکا<sup>۱</sup> [۳۷-۳۹]، چین [۴۰، ۴۱]، هند [۴۲، ۴۳]، فیلیپین [۴۴] و شرکت نیپون-سامیتومو مهمترین تغییرات در این صنعت را می‌توان این چنین جمع‌بندی نمود:

- تغییر در چرخه عمر فن‌آوری‌ها: در دو دهه گذشته به‌واسطه افزایش شدت رقابت در جهت حفظ مزیت رقابتی در صنعت آهن و فولاد فن‌آوری‌های متعددی ارایه شده است. محققان دانشگاهی و صنعتی در مقیاس گسترده دست به نوآوری زده و با کوتاه شدن فاصله میان نوآوری‌های بنیادین در این صنعت و تعدد نوآوری‌های تدریجی، عمر فن‌آوری‌ها کوتاه شده است؛ به نوعی که چرخه عمر پنجاه ساله فن‌آوری‌های صنعت فولاد به بیست تا پانزده سال رسیده است. از این‌رو تناقضی در سرمایه‌گذاری در این

<sup>۱</sup> <http://steeltrp.com/>

صنعت ایجاد شده است: از یک سو منبع محور بودن صنعت فولاد و هزینه بالای زیرساخت (مانند وجود راه آهن) احداث واحدهای بزرگ را توجیه پذیر می نماید از سوی دیگر نیز کوتاه شدن چرخه عمر این صنعت مستلزم نوسازی فن آورانه در کوتاه مدت و لذا احداث واحدهای کوچک است.

- ظهور فن آوری های دوستدار محیط زیست: مبتنی بر کنوانسیون کیوتو (منع اشاعه گازهای گلخانه ای) صنایع انرژی بر مانند فولاد مورد توجه قرار گرفته اند. برای کاهش اثرات جانبی این صنعت سه مرحله اقدامات انجام شده است: افزایش راندمان، کاهش گازها (با توسعه فیلترهای مبتنی بر فن آوری نانو) و تغییر ساختاری فن آوری ها. هر سه این اقدام رویکردی فن آورانه به اثرات منفی زیست محیطی این صنعت داشته که منجر به بروز فن آوری ها نوظهور شده است. در واقع دیگر نمی توان صنعت فولاد را به سادگی در دسته صنایع با فن آوری پایین دانست.
- اهمیت دسترسی به مواد خام: نگاه تجاری به این صنعت زمانی می تواند مفید باشد که یا محصولات با ارزش افزوده بالا (مانند فولادهای خاص آلیاژی) تولید نمود و یا فولادهای معمولی (فولادهای تجاری) در حجم بالا. از آنجایی که تولید فولادهای خاص نیازمند فن آوری بالا و همچنین دسترسی به بازار مصرف ویژه آن است، بسیاری از شرکتها راهبرد دوم را انتخاب می کنند. باید توجه داشت تولید فولادهای معمولی در حجم بالا نیازمند دسترسی مستمر و پایدار به معادن و انرژی است. به ویژه آن که چین با تولید بیش از پنجاه درصد تولید جهانی در یک سوی این رقابت/بازار قرار دارد.
- تغییر ماهیت شرکتها: تا بیش از قرن اخیر در صنعت فولاد دو دسته شرکت حضور داشته اند: توسعه دهندگان فن آوری و کاربران فن آوری. در این تقسیم کار جهانی چند شرکت فن آوری های این صنعت را توسعه می داده اند مانند میدرکس آمریکا، دانیلی ایتالیا و اتوتک فنلاند؛ و باقی شرکتها استفاده کننده از فن آوری ها و تولیدکننده فولاد بوده اند. اما در سال های اخیر با تاکید چشم گیر شرکت های ژاپنی و کره ای صنعت فولاد بر فعالیت های تحقیق و توسعه و ثبت پتنت های مرتبط و ارایه فن آوری های نوین، این تصویر تغییر کرده است. هر چند شرکت های توسعه دهنده فن آوری جایگاه ویژه خود را حفظ کرده اند اما این تغییر تلنگری است به شرکت های تولید کننده فولاد است که ارگانسیم جدید را دریابند.

### فن آوری احیاء آهن

صنعت فولاد از زنجیره طولانی تشکیل شده است که از اکتشاف و استخراج معادن سنگ آهن (و یا کک) آغاز شده و در ادامه با فرآوری آنها و طی مراحل آهن سازی، فولادسازی، نورد گرم و نورد سرد به سرانجام می رسد. از آنجایی که این صنعت به شدت منبع بر است، تنها در مقیاس های بالا صرفه ی اقتصادی دارد و طولانی بودن این زنجیره و تعدد منابع مورد نیاز برای آن و همچنین لزوم دسترس بودن بازار مناسب موجب شده است کشورها جهت گیری های استراتژیک متفاوتی را در این زنجیره طولانی تعیین کنند. مراحل اکتشاف

و استخراج معدن نیازمند دسترسی به معادن و همچنین منابع آبی مناسب است؛ مراحل آهن‌سازی و فولادسازی مستلزم برخورداری از منابع انرژی و فسیلی است؛ و مراحل نورد گرم و نورد سرد علاوه بر دانش فن‌آورانه، نیازمند صنایع پایین دستی پیشرو است. در واقع کشورهای در نورد گرم و سرد تمرکز می‌کنند که دارای بازارها/شرکت‌های پیشرو در خودروسازی، الکترونیک و ابزار آلات صنعتی هستند چرا که مصرف آلیاژهای با ارزش افزوده بالا در این صنایع ممکن است. از این‌رو هر کشور مبتنی بر مقتضیات خود بر مراحل زنجیره صنعت فولاد تمرکز می‌کند. مبتنی بر ملاحظه اخیر صنعت فولاد در ایران نیز بر مراحل استخراج، آهن‌سازی و فولاد سازی متمرکز شده است چرا که مهم‌ترین منابع آن یعنی مواد خام و انرژی به وفور در ایران یافت می‌شود. از منظر فن‌آورانه نیز تغییرات فن‌آورانه در مراحل نورد گرم و سرد کمتر بوده و تجهیزات موجود قابلیت تولید طیف گسترده‌ای از محصولات را دارد (صنایع فولادی ایران نیز به آنها دسترسی دارد) و نرخ تغییرات فن‌آورانه در آن پایین است. اما دو مرحله آهن‌سازی و فولادسازی به جهت مصرف بالای انرژی و آلاینده‌گی زیست‌محیطی که دارند در دو دهه گذشته نرخ شتابانی در تغییرات فن‌آورانه داشته‌اند. به گونه‌ای که سازمان‌ها و انجمن‌های جهانی فولاد، تولید فولاد را دقیقاً با تاکید بر نوع فن‌آوری استفاده شده در مراحل آهن‌سازی آرایه می‌کنند.<sup>۱</sup> بدین ترتیب با توجه به مزیت نسبی ایران در دسترسی به مواد خام و انرژی و همچنین تغییرات فن‌آورانه شتابان بر آهن‌سازی (فرآیند احیا) تمرکز شده است. در این فرآیند که به عنوان احیا شناخته می‌شود، اکسید آهن تبدیل به آهن می‌گردد. این فرآیند فن‌آورانه به عنوان اولین حلقه تولید آهن/فولاد برای تولیدکننده‌های فولاد از آن جهت دارای اهمیت است که به مانند دیگر فن‌آوری‌های صنعت فولاد، تنوع فن‌آورانه، مواد اولیه، آلاینده‌گی‌های زیست محیطی و هزینه‌های متفاوتی در بردارد.

بدین ترتیب می‌توان اذعان نمود شناخت و گونه‌شناسی انواع فن‌آوری‌های فرآیندی احیا و همچنین تعیین راهبرد مناسب امکان می‌تواند برای صاحبان سرمایه و همچنین سیاست‌گذاران کلان مفید باشد. بدین منظور در مقاله حاضر پس از شناسایی برخی از مهم‌ترین انواع فن‌آوری‌های فرآیند فن‌آورانه احیا (جدول ۳)، ارزیابی جذابیت و توانمندی انجام شده و تلاش گردید با ترسیم ماتریس جذابیت-توانمندی گونه و استراتژی مناسب برخورد با هر فن‌آورانه تعیین گردد.

<sup>۱</sup> <http://www.worldsteel.org/>

جدول ۳. مقایسه انواع فرآیندهای احیا

منبع: وزارت فولاد هند [۴۲]، بابیج و همکاران<sup>۱</sup> [۴۵]، تاناکا و همکاران<sup>۲</sup> [۴۶]، قوش و همکاران<sup>۳</sup> [۴۷]، آگراول و

ماثور<sup>۴</sup> [۴۳]، پلاتول و همکاران<sup>۵</sup> [۴۸] و انجمن جهانی فولاد<sup>۶</sup>

ظرفیت تولید سالانه (Mt/year)	نوع فرآیند احیا	عامل احیا کننده	مواد ورودی	میزان توسعه	نوع محصول	فرآیند	طبقه بندی
بیش از ۱	کوره شافتی	گاز طبیعی	گندله/کلوخه	تجاری شده	آهن اسفنجی / بریکت	میدرکس	با خروجی مذاب
بیش از ۱	کوره شافتی	گاز طبیعی	گندله/کلوخه	تجاری شده	آهن اسفنجی / بریکت	اچ.وای.ال یک	
بیش از ۱	کوره شافتی	گاز طبیعی	گندله/کلوخه	تجاری شده	آهن اسفنجی / بریکت	اچ.وای.ال (II)	
۱-۰/۵	بستر سیال	گاز طبیعی	نرمه	نیمه تجاری	آهن اسفنجی / بریکت	فرآیند فاینمت	
۱-۰/۵	بستر سیال	گاز طبیعی	نرمه	نیمه تجاری	آهن اسفنجی / بریکت	فرآیند سیرکورد	
۰/۵-۰/۲	بستر سیال	زغال سنگ	نرمه	تست اجزا	آهن اسفنجی / بریکت	فرآیند سیرکوفر	
۰/۵-۰/۲	کوره دوار	زغال سنگ	گندله/کلوخه	تجاری شده	آهن اسفنجی / بریکت	SL-RN	
۱-۰/۵	Rotary hearth	گاز طبیعی / زغال سنگ	گندله/کلوخه	نمونه صنعتی	آهن اسفنجی / بریکت	ITMK <sup>۳</sup>	
کمتر از ۰/۲	Rotary hearth	زغال سنگ	گندله/کلوخه	نیمه تجاری	آهن اسفنجی / بریکت	اینمتکو	

<sup>۱</sup> Babich et al.

<sup>۲</sup> Tanaka et al.

<sup>۳</sup> Ghosh et al.

<sup>۴</sup> Agrawal and Mathur

<sup>۵</sup> Paul et al.

<sup>۶</sup> www.worldsteel.org



طبقه بندی	فرآیند	نوع محصول	میزان توسعه	مواد ورودی	عامل احیا کننده	نوع فرآیند احیا	ظرفیت تولید سالانه (Mt/year)
	مانومی	آهن اسفنجی / بریکت	نیمه تجاری	گندله / کلوخه	زغال سنگ	Rotary hearth	کمتر از ۰/۲
	کامت	آهن اسفنجی / بریکت	تست اجرا	نرمه	طبیعی / زغال سنگ	دیگر کوره‌ها	کمتر از ۰/۲
با خروجی بار گرم	کوره بلند	بار گرم / آهن خام	تجاری شده	زیترا / کلوخه / گندله / بریکت	کک	کوره بلند	حجم ۲۰۰۰۰ متر مکعب،
	کورکس	بار گرم / آهن خام	تجاری شده	گندله / کلوخه	زغال سنگ	کوره شافتی	بیش از ۱
	فاینکس	بار گرم / آهن خام	تجاری شده	نرمه	زغال سنگ	بستر سیال	بیش از ۱
	هیسملت	بار گرم / آهن خام	نمونه صنعتی	نرمه	ترکیب گاز طبیعی / زغال سنگ	دیگر کوره‌ها	۰/۵-۰/۲
	روملت	بار گرم / آهن خام	نمونه صنعتی	نرمه	گاز طبیعی / زغال سنگ	دیگر کوره‌ها	کمتر از ۰/۲
	فست ملت	بار گرم / آهن خام	نمونه صنعتی	گندله / کلوخه	زغال سنگ	Rotary hearth	۰/۱-۰/۵
	رد اسملت	بار گرم / آهن خام	نیمه تجاری	گندله / کلوخه	زغال سنگ	Rotary hearth	۰/۱-۰/۵
	آبرون داینامیک	بار گرم / آهن خام	نیمه تجاری	گندله / کلوخه	زغال سنگ	Rotary hearth	۰/۵-۰/۲
	DIOS	بار گرم / آهن خام	نمونه صنعتی	نرمه	گاز طبیعی / زغال سنگ	دیگر کوره‌ها	۰/۱-۰/۵
	Tecnored	بار گرم / آهن خام	نمونه صنعتی	گندله / بریکت	زغال سنگ	کوره شافتی	۰/۵-۰/۲

### ۵- روش پژوهش

جهت‌گیری پژوهش حاضر کاربردی بوده و استراتژی آن پژوهش میدانی (پیمایشی) است. اطلاعات و داده‌های پژوهش با مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان و پرسشنامه جمع‌آوری گردید. برای ترسیم ماتریس جذابیت- توانمندی می‌بایست جایگاه هر یک از فن‌آوری‌ها (جدول ۳) بر اساس میزان جذابیت و توانمندی تعیین گردید. عوامل و مولفه‌های جذابیت و توانمندی مبتنی بر مطالعات انجام شده احصا شده و جذابیت در چهار دسته (۱) پتانسیل بازار، (۲) وضعیت رقابتی، (۳) پتانسیل فنی و (۴) سیاسی- اجتماعی و عوامل توانمندی نیز در سه دسته (۱) ظرفیت فنی فن‌آورانه، (۲) توانمندی مکمل و (۳) ظرفیت مالی

طبقه‌بندی شده‌اند. برای تعیین میزان جذابیت و توانمندی هر فن‌آوری، پرسش‌نامه‌ای به شرح پیوست (جدول‌های پ.۱ و پ.۲) تهیه شده و در اختیار خبرگان قرار گرفت. همان‌طور در جدول‌های پ.۱ و پ.۲، قابل مشاهده است، برای هر یک از عوامل جذابیت/توانمندی، شرحی از پایین‌ترین وضعیت و بالاترین وضعیت مبتنی بر مولفه‌های آنها ارائه شده است و از خبرگان خواسته شده با توجه به دو سر این طیف مقدار مورد نظر را در طیفی از متغیرهای کلامی معین نمایند. روایی پرسشنامه نیز با رجوع به سه خبره و به صورت محتوایی تعیین شده است. پایایی پرسشنامه نیز با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ محاسبه و ۰/۸۲۱ است. برای شناسایی خبرگان نیز از روش گلوله برفی استفاده شده است؛ بدین ترتیب که در ابتدا پنج نفر انتخاب شده و از هر کدام از آنها خواسته شد دو نفر را معرفی کنند. سپس با توجه به افراد مشترکی که معرفی شده بودند سیزده خبره شناسایی شدند؛ از این میان سه نفر امکان همکاری نداشته و در نهایت جلسات و تکمیل پرسشنامه‌ها با ده نفر برگزار شد. این ده نفر از اعضای هیئت علمی پژوهشگاه فولاد ایران، مدیران بخش‌های آهن‌سازی و فولاد سازی شرکت‌های تولید فولاد کشور و مشاورین بخش خصوصی صنعت فولاد بوده‌اند. برای معرفی و همکلامی بیشتر خبرگان با تیم پژوهش مطالب یکسانی را مبتنی بر مطالعات (این مطالعات جنبه فنی و اقتصادی داشته که خلاصه‌ای از آن در جدول ۳ ذکر شده است) در چند جلسه ارائه نموده و سپس پرسشنامه‌ها توزیع گردید. برای محاسبه مقادیر جذابیت و توانمندی هر فن‌آوری از روش تاپسیس فازی<sup>۱</sup> [۴۹-۵۱] به شرح زیر استفاده شده است.

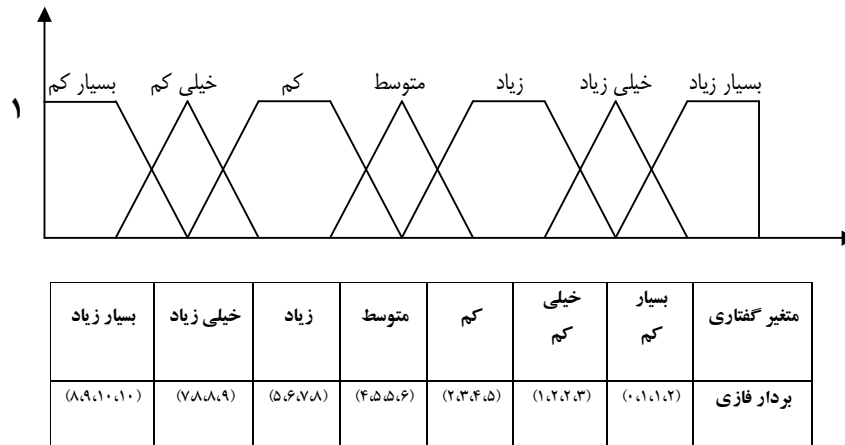
الف) ابتدا وزن هر یک از عوامل (چهار عامل جذابیت و سه عامل توانمندی) مبتنی بر مقایسات زوجی محاسبه گردید (جدول ۴).

جدول ۴. پرسشنامه مقایسات زوجی

ردیف	عامل سمت راست	پیوستار درجه اهمیت مقایسات زوجی	عامل سمت چپ
۱	پتانسیل بازار	۵ ۴ ۳ ۲ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵	وضعیت رقابتی
۲	پتانسیل بازار	۵ ۴ ۳ ۲ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵	پتانسیل فنی
۳	پتانسیل بازار	۵ ۴ ۳ ۲ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵	وضعیت سیاسی-اجتماعی
۴	وضعیت رقابتی	۵ ۴ ۳ ۲ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵	پتانسیل فنی
۵	وضعیت رقابتی	۵ ۴ ۳ ۲ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵	وضعیت سیاسی-اجتماعی
۶	پتانسیل فنی	۵ ۴ ۳ ۲ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵	وضعیت سیاسی-اجتماعی
۷	ظرفیت فنی فن‌آورانه	۵ ۴ ۳ ۲ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵	توانمندی مکمل
۸	ظرفیت فنی فن‌آورانه	۵ ۴ ۳ ۲ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵	ظرفیت مالی
۹	توانمندی مکمل	۵ ۴ ۳ ۲ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵	ظرفیت مالی

<sup>۱</sup> Fuzzy TOPSIS

(ب) امتیاز فن‌آوری‌ها فهرست شده در جدول ۳ در قالب پرسشنامه‌ای مبتنی بر متغیرهای گفتاری (شکل ۳) بر اساس معیارهای جدول ۱ در اختیار خبرگان قرار گرفته است و تکمیل گردید.



شکل ۳. متغیرهای گفتاری بردارهای فازی

(ج) پس از گردآوری پرسشنامه‌ها مبتنی بر پاسخ هر پرسش‌شونده یک مقدار نرخ فازی  $\tilde{R}_k$  ( $K = 1, 2, \dots, k$ ) در دسترس خواهد بود؛ فرض کنید مجموعه  $x = \{x_{ij} | i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n\}$  نرخ‌های ارزیابی  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) با توجه به معیارهای  $C_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) باشد. هر تصمیم‌گیرنده  $D_k$  ( $k = 1, 2, \dots, K$ ) می‌تواند نرخ فازی خود را به صورت یک عدد فازی ذوزنقه‌ای مثبت  $\tilde{R}_k$  ( $k = 1, 2, \dots, k$ ) تعیین نماید.

(د) تشکیل ماتریس تصمیم؛ اگر نرخ‌های فازی همه تصمیم‌گیرنده‌ها به صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای مثبت  $\tilde{R}_k = (r_k^a, r_k^b, r_k^c, r_k^d)$  ( $K = 1, 2, \dots, k$ ) باشد، برای تلفیق نرخ‌های فازی تصمیم‌گیرنده‌ها،

می‌توان نرخ فازی تلفیق شده را به صورت  $\tilde{R} = (r^a, r^b, r^c, r^d)$  با استفاده از معادله ۱ تعریف نمود:

$$\text{معادله ۱: } r^c = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k r_k^c, \quad r^b = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k r_k^b, \quad r^a = \min_k \{r_k^a\}$$

$$r^d = \max_k \{r_k^d\}$$

بدین ترتیب ماتریس اولیه  $\tilde{D} = [\tilde{x}_{ij}]_{m \times n}$  تشکیل می‌شود.

(ه) تشکیل ماتریس تصمیم نرمال شده؛ می‌توان با استفاده از معادله ۲ به ماتریس نرمال شده

دست یافت (اگر معیار سود باشد از رابطه ۲. الف و اگر معیار از هزینه باشد از رابطه ۲. ب).

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{\theta_j^-}{x_{ij}^a}, \frac{\theta_j^-}{x_{ij}^b}, \frac{\theta_j^-}{x_{ij}^c}, \frac{\theta_j^-}{x_{ij}^d} \right) \quad \text{ب)} \quad \tilde{r}_{ij} = \left( \frac{x_{ij}^a}{\theta_j^*}, \frac{x_{ij}^b}{\theta_j^*}, \frac{x_{ij}^c}{\theta_j^*}, \frac{x_{ij}^d}{\theta_j^*} \right) \quad \text{الف) معادله ۲:}$$

(و) تشکیل ماتریس تصمی وزین نرمال شده؛ با ضرب بردار وزن  $W$  (از پرسشنامه جدول ۴ استخراج می‌شود) در درایه‌های ماتریس  $\tilde{R}$ ، ماتریس  $\tilde{Q} = [\tilde{Q}_{ij}]_{m \times n}$  از معادله ۳ تشکیل می‌شود.  
 معادله ۳:  $\tilde{Q} = [W_j \cdot \tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$

(ز) تعیین ایده‌آل و ضد ایده‌آل فازی؛ عناصر ماتریس تصمیم‌گیری فازی نرمال وزین  $\tilde{Q}_{ij} \cong (\forall i, j)$   $(q_{ij}^a, q_{ij}^b, q_{ij}^c, q_{ij}^d)$  همچنان تقریباً به صورت عدد فازی دوزنقه‌ای می‌باشند. اکنون حل ایده‌آل فازی  $(F^*)$  و ضد ایده‌آل فازی  $(F^-)$  را به صورت معادله ۴ می‌توان تعریف نمود:  
 معادله ۴:  $F^- = (\tilde{V}_1^-, \tilde{V}_2^-, \dots, \tilde{V}_n^-)$  ،  $F^* = (\tilde{V}_1^*, \tilde{V}_2^*, \dots, \tilde{V}_n^*)$

به طوریکه

$$\forall i, j. \quad \tilde{V}_j^- = (v_j^-, v_j^-, v_j^-, v_j^-) \quad , \quad \tilde{V}_j^* = (v_j^*, v_j^*, v_j^*, v_j^*)$$

$$v_j^- = \min_i \{q_{ij}^a\} \quad , \quad v_j^* = \max_i \{q_{ij}^d\}$$

(ح) محاسبه مقادیر جذابیت و توانمندی هر فن‌آوری؛ میران جذابیت و توانمندی هر فن‌آوری مقدار  $CC$  است که بر اساس معادلات ۵ و ۶ محاسبه می‌شود.  
 فاصله هر گزینه نیز از  $(F^-)$  و  $(F^*)$  بر اساس معادله ۵ محاسبه می‌شود:

$$d_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left( \frac{\sqrt{\sum_{l=a}^d (x_{ij}^l - v_j^*)^2}}{4} \right)^2} \quad \text{معادله ۵}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left( \frac{\sqrt{\sum_{l=a}^d (x_{ij}^l - v_j^-)^2}}{4} \right)^2}$$

هدف در این تکنیک تصمیم‌گیری این است که گزینه‌ای انتخاب شود که به طور همزمان تا حد ممکن به گزینه ایده‌آل فازی نزدیک بوده و از گزینه ضد ایده‌آل فازی دور باشد. بدین منظور یک شاخص ضریب نزدیکی برای رتبه‌بندی تمام گزینه‌ها با توجه به فاصله حل ایده‌آل فازی  $(F^*)$  و حل ضد ایده‌آل فازی  $(F^-)$  می‌بایست تعریف نمود. بدین منظور شاخص ضریب نزدیکی  $(CC_i)$  برای هر گزینه خاص از طریق معادله ۶ به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$CC_i = \frac{d_i^-(a)}{d_i^+(a) + d_i^-(a)} \quad \text{معادله ۶}$$

با تعیین میزان  $CC_i$  می‌توان مقدار جذابیت/توانمندی را تعیین نمود. با توجه داشت این مسیر برای جذابیت و توانمندی به طور جداگانه طی شده و برای هر یک مقدار  $CC$  محاسبه می‌گردد.

### ۶- تجزیه و تحلیل

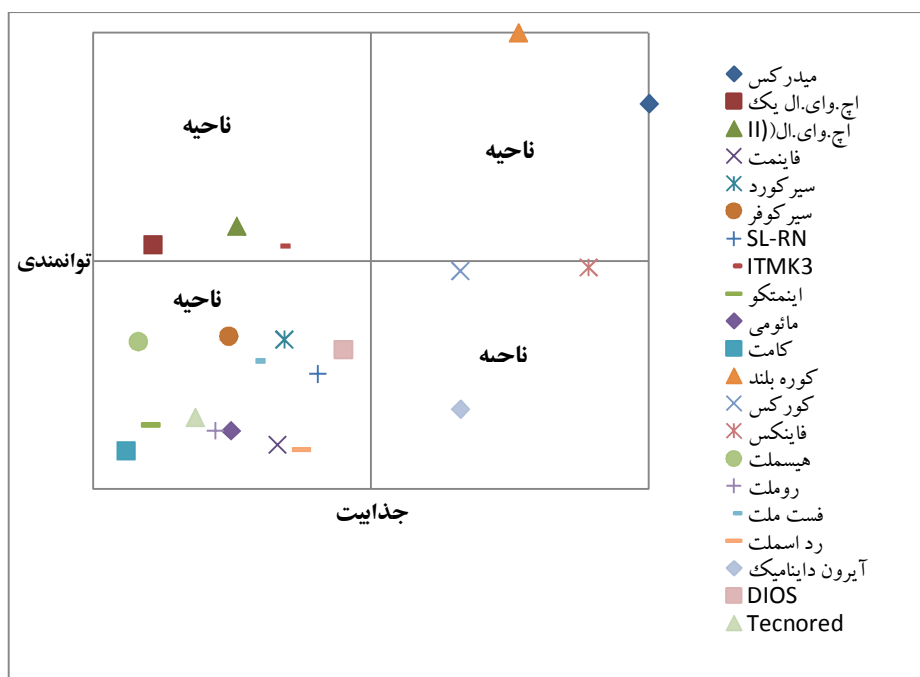
پس از گردآوری پرسشنامه از خبرگان محاسبات بر اساس معادلات ۱، ۲ و ۳ انجام شده است. در ادامه مقادیر نهایی جذابیت و توانمندی هر فن آوری در جدول ۵ قابل مشاهده است. در جدول ۵، فاصله ابتدا حل ایده آل و ضد ایده آل بر اساس معادله ۴ محاسبه شده (حل ایده آل و ضد ایده آل مقادیر جذابیت و توانمندی به صورت مجزا منظور شده است) و مقادیر فاصله ابعاد هر فن آوری از آنها در دو ستون  $d_i^*$  و  $d_i^-$  درج گردیده است. برای محاسبه مقدار نهایی جذابیت و توانمندی هر فن آوری نیز از معادله ۵ استفاده شده است (جدول پ.۳، پ.۴، پ.۵ در پیوست).

جدول ۵. مقادیر نهایی جذابیت و توانمندی فن آوری‌های آهن سازی

ردیف	فرآیند	جذابیت			توانمندی		
۱	میدرکس	۰,۱۳	۰,۳۶	۰,۷۲	۰,۱۵	۰,۲۷	۰,۶۴
۲	اچ.وای.ال I	۰,۴۰	۰,۱۰	۰,۲۰	۰,۲۲	۰,۱۹	۰,۴۶
۳	اچ.وای.ال (II)	۰,۳۵	۰,۱۴	۰,۲۹	۰,۲۱	۰,۲	۰,۴۸
۴	فاینمت	۰,۳۳	۰,۱۷	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۰۸	۰,۲۰
۵	سیرکورد	۰,۳۳	۰,۱۷	۰,۳۴	۰,۲۷	۰,۱۴	۰,۳۳
۶	سیرکوفر	۰,۳۶	۰,۱۴	۰,۲۸	۰,۲۷	۰,۱۴	۰,۳۴
۷	SL-RN	۰,۳۱	۰,۱۹	۰,۳۷	۰,۲۹	۰,۱۲	۰,۲۹
۸	ITMK۳	۰,۳۳	۰,۱۷	۰,۳۴	۰,۲۲	۰,۱۹	۰,۴۵
۹	اینمتکو	۰,۴۰	۰,۱۰	۰,۲۰	۰,۳۲	۰,۰۹	۰,۲۲
۱۰	مانومی	۰,۳۶	۰,۱۴	۰,۲۸	۰,۳۲	۰,۰۹	۰,۲۲
۱۱	کامت	۰,۴۱	۰,۰۹	۰,۱۷	۰,۳۳	۰,۰۸	۰,۱۹
۱۲	کوره بلند	۰,۲۲	۰,۳۱	۰,۵۸	۰,۱۱	۰,۳	۰,۷۳
۱۳	کورکس	۰,۲۴	۰,۲۷	۰,۵۲	۰,۲۳	۰,۱۷	۰,۴۲
۱۴	فاینکس	۰,۱۷	۰,۳۳	۰,۶۶	۰,۲۳	۰,۱۷	۰,۴۳
۱۵	هیسملت	۰,۴۱	۰,۰۹	۰,۱۹	۰,۲۷	۰,۱۳	۰,۳۳
۱۶	روملت	۰,۳۶	۰,۱۳	۰,۲۷	۰,۳۲	۰,۰۹	۰,۲۲
۱۷	فست ملت	۰,۳۴	۰,۱۵	۰,۳۱	۰,۲۸	۰,۱۲	۰,۳۱

ردیف	فرآیند	جذابیت			توانمندی		
۱۸	رد اسملت	۰,۳۲	۰,۱۸	۰,۳۶	۰,۳۳	۰,۰۸	۰,۱۹
۱۹	آیرون داینامیک	۰,۲۴	۰,۲۶	۰,۵۲	۰,۳۲	۰,۰۱	۰,۲۴
۲۰	DIOS	۰,۳۰	۰,۲۰	۰,۴۰	۰,۲۸	۰,۱۳	۰,۳۲
۲۱	Tecnored	۰,۳۸	۰,۱۲	۰,۲۵	۰,۳۱	۰,۰۹	۰,۲۳

با دسترس بوده مقادیر جذابیت و توانمندی هر فن آوری امکان ترسیم ماتریس ارزیابی جذابیت-توانمندی مهیا خواهد بود. با قرار دادن مقادیر جذابیت در محور افقی و مقادیر توانمندی هر فن آوری در محور عمودی، ماتریس ارزیابی جذابیت-توانمندی در دسترس خواهد بود. همان طور که در شکل ۴ رویت می‌شود، این ماتریس دارای نواحی چهارگانه‌ای است که هر ناحیه معرف نوع معینی از فن آوری است.



شکل ۴. ماتریس ارزیابی جذابیت- توانمندی فن آوری‌های تولید آهن (جامد/مذاب)

## ۷- جمع‌بندی

مقاله حاضر به منظور استفاده از ماتریس ارزیابی جذابیت-توانمندی برای شناسایی نوع و انتخاب راهبرد مناسب در چند مرحله انجام شده است، که می‌توان این مراحل را به صورت دقیق‌تر برای موارد مشابه توصیف نمود:

- تعیین قلمرو مسله؛ ماتریس ارزیابی جذابیت-توانمندی یک ابزار مناسب برای مدیران و سیاست‌گذاران است. باید همواره توجه داشت این ابزار به‌مانند دیگر ابزارها برای حل برخی از مسائل مشخصی کاربرد دارد. به طور کلی از این ابزار در تعیین نوع و استراتژی فن‌آوری و تدوین پورتفولیو فن‌آوری و نقشه‌راه فن‌آوری در واحدهای راهبردی و فن‌آوری شرکت‌ها استفاده شده است. شناخت مسله کمک می‌کند که انتظار واقعی از این ابزار داشته و همچنین بتوان ذی‌نفعان مسله را شناخت. با توجه به آن که استفاده از این ابزار نیازمند گردآوری اطلاعات متعدد و چندبعدی است، شناخت ذی‌نفعان و درک خواست‌ها و تمایلات آنها فرآیند اجرا را تسهیل می‌نماید.
- تبیین عوامل و معیارهای جذابیت و توانمندی؛ این ابزار مبتنی بر دو بعد جذابیت و توانمندی است. جذابیت اشاره دارد به عواملی بیرون از شرکت (و یا کشور) که جایگاه فن‌آوری را در محیط بیرونی تبیین می‌کند. و توانمندی نیز مجموعه توانایی شرکت در مهار (اخذ، بهره‌برداری، نگهداری، ارتقا و فروش) یک فن‌آوری است. می‌توان انتظار داشت عوامل و معیارهای جذابیت و توانمندی از صنعت به صنعتی دیگر و همچنین از یک حوزه فن‌آورانه به حوزه دیگر به طور کلی متفاوت خواهد بود. لذا می‌بایست با مطالعه تجربیات انجام شده، عوامل و معیارهای اولیه را تعیین نمود و سپس آنها را با کمک خبرگان برای مسله حاضر با تعریف، اصلاح و یا تدقیق نمود.
- شناسایی فن‌آوری‌های بدیل؛ هر چند این ابزار در حوزه مدیریتی تعریف می‌شود اما به‌کارستن آن به شدت وابسته به وجود و همکاری با تیم فنی مهندسی است. فن‌آوری‌های موجود در صنایع و حوزه‌های مختلف دارای پیچیدگی‌های فنی هستند که شناسایی انواع آنها و همچنین گردآوری و فهم اطلاعات فنی آنها نیازمند دانش مهندسی ویژه‌ای است. به ویژه آنکه این اطلاعات اغلب در مقالات، پتنت‌ها و گزارش‌های فنی مراکز تحقیقاتی موجود است.
- انتخاب یک روش تصمیم‌گیری؛ گردآوری اطلاعات و همچنین محاسبات جذابیت و توانمندی فن‌آوری-ها، نیازمند استفاده از روش تصمیم‌گیری مناسبی است. انتخاب روش تصمیم‌گیری چگونگی گردآوری اطلاعات را مشخص کرده و صحت آن اعتبار تحلیل‌ها را نتیجه دارد.
- تحلیل؛ خروجی اولیه این ابزار ماتریسی دو بعدی است. آن‌چه بیش از ترسیم آن وجود دارد توانایی تحلیل آن است. با توجه به عدم آگاهی و یا دسترسی کامل به اطلاعات می‌بایست جزئیات این ماتریس مورد دقت قرار گرفته تا مواردی که با عینیت‌های موجود در تناقض است شناخته و یا دلایل آنها معین گردد. همچنین قدم بعدی ارایه راه‌کارهای عملیاتی به‌منظور حل مسله ابتدایی است.

این مقاله با تاکید بر اهمیت صنعت فولاد و همچنین فن‌آوری‌های فرآیندی احیای آهن، ماتریس ارزیابی جذابیت-توانمندی را به عنوان ابزاری مناسب جهت گونه‌شناسی فن‌آوری‌های موجود (اعم از جاری، جایگزین و نوظهور) و انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه به کار بسته‌است. لذا با مطالعه منابع موجود و تجربیات گذشته ابعاد و معیارهای جذابیت و توانمندی تدوین شده و در نظر خواهی با خبرگان با توجه به مقتضیات کشور و صنعت اصلاح و تدقیق شده است. با تحلیل اطلاعات گردآوری شده از خبرگان با استفاده از روش تعیین امتیاز تاپسیس فازی امتیاز جذابیت و توانمندی هر یک از فن‌آوری محاسبه شده و ماتریس ارزیابی جذابیت-توانمندی ترسیم شده است. نتایج نشان می‌دهد فن‌آوری‌های کوره بلند و میدرکس به‌عنوان فن‌آوری‌های با جذابیت و توانمندی بالا بوده که می‌بایست با تخصیص منابع مورد نیاز انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه پیرامون آنها تسهیل گردد. همچنین جذابیت بالای فن‌آوری‌های نوظهوری چون فاینکس، کورکس و آیرون داینامیک نیز می‌بایست مورد توجه قرار گیرند.



**References:**

منابع:

- [۱] N. Shehabuddeen, D. Probert, and R. Phaal, "From theory to practice: challenges in operationalising a technology selection framework," *Technovation*, vol. ۲۶, pp. ۳۲۴-۳۳۵, ۲۰۰۶.
- [۲] ستیندامار، فال و پروبرت. مدیریت انتقال تکنولوژی- فعالیت‌ها و ابزارها. مترجمان: رضا انصاری و جواد سلطان‌زاده. انتشارات دانشگاه اصفهان. (۱۳۹۲).
- [۳] D. R. Jolly, "Development of a two-dimensional scale for evaluating technologies in high-tech companies: An empirical examination," *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. ۲۹, pp. ۳۰۷-۳۲۹, ۲۰۱۲.
- [۴] C. F. Chien, "A portfolio-evaluation framework for selecting R&D projects," *R&D Management*, vol. ۳۲, pp. ۳۵۹-۳۶۸, ۲۰۰۲.
- [۵] R. G. Cooper, S. J. Edgett, and E. J. Kleinschmidt, "New problems, new solutions: making portfolio management more effective," *Research-Technology Management*, vol. ۴۳, pp. ۱۸-۲۳, ۲۰۰۰.
- [۶] R. Foster, "Linking R&D to strategy," *McKinsey Quarterly* (Winter), pp. ۳۵-۵۲, ۱۹۸۱.
- [۷] T. E. Say, A. R. Fusfeld, and T. D. Parish, "Is your firm's tech portfolio aligned with its business strategy?," *Research-Technology Management*, vol. ۴۶, pp. ۳۲-۳۸, ۲۰۰۳.
- [۸] H. Markowitz, "Portfolio selection\*," *The journal of finance*, vol. ۷, pp. ۷۷-۹۱, ۱۹۵۲.
- [۹] Z. Yu, "A spatial mean-variance MIP model for energy market risk analysis," *Energy Economics*, vol. ۲۵, pp. ۲۵۵-۲۶۸, ۲۰۰۳.
- [۱۰] A. C. Hax and N. S. Majluf, "The use of the industry attractiveness-business strength matrix in strategic planning," *Interfaces*, vol. ۱۳, pp. ۵۴-۷۱, ۱۹۸۳.
- [۱۱] G. S. Day, "Diagnosing the product portfolio," *The Journal of Marketing*, pp. ۲۹-۳۸, ۱۹۷۷.
- [۱۲] J. Smith, B. Dolgin, and C. Weisbin, "Reaching Mars: Multi-criteria R&D portfolio selection for Mars exploration technology planning," ۲۰۰۳.
- [۱۳] S. C. Wheelwright and K. B. Clark, *Creating project plans to focus product development*: Harvard Business School Pub., ۱۹۹۲.
- [۱۴] R. G. Cooper and E. J. Kleinschmidt, "Major new products: what distinguishes the winners in the chemical industry?," *Journal of product innovation management*, vol. ۱۰, pp. ۹۰-۱۱۱, ۱۹۹۳.
- [۱۵] M. Bohanec, V. Rajkovič, B. Semolić, and A. Pogačnik, "Knowledge-based portfolio analysis for project evaluation," *Information & management*, vol. ۲۸, pp. ۲۹۳-۳۰۲, ۱۹۹۵.
- [۱۶] F. Ghasemzadeh and N. P. Archer, "Project portfolio selection through decision support," *Decision Support Systems*, vol. ۲۹, pp. ۷۳-۸۸, ۲۰۰۰.
- [۱۷] L. Kester, E. J. Hultink, and K. Lauche, "Portfolio decision-making genres: A case study," *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. ۲۶, pp. ۳۲۷-۳۴۱, ۲۰۰۹.
- [۱۸] K. Heidenberger and C. Stummer, "Research and development project selection and resource allocation: a review of quantitative modelling approaches," *International Journal of Management Reviews*, vol. ۱, pp. ۱۹۷-۲۲۴, ۱۹۹۹.

- [۱۹] R. G. Cooper, S. J. Edgett, and E. J. Kleinschmidt, "New product portfolio management: practices and performance," *Journal of product innovation management*, vol. ۱۶, pp. ۳۳۳-۳۵۱, ۱۹۹۹.
- [۲۰] M. K. Badawy, "Managing human resources," *Research Technology Management*, vol. ۳۱, pp. ۱۹-۳۵, ۱۹۸۸.
- [۲۱] A. C. Hax and M. No, *Linking technology and business strategies: a methodological approach and an illustration*: Springer, ۱۹۹۳.
- [۲۲] D. R. Jolly, "Chinese vs. European views regarding technology assessment: Convergent or divergent?," *Technovation*, vol. ۲۸, pp. ۸۱۸-۸۳۰, ۲۰۰۸.
- [۲۳] K. K. Brockhoff, "Instruments for patent data analyses in business firms," *Technovation*, vol. ۱۲, pp. ۴۱-۵۹, ۱۹۹۲.
- [۲۴] N. K. Sethi, B. Movsesian, and K. D. Hickey, "Can technology be managed strategically?," *Long Range Planning*, vol. ۱۸, pp. ۸۹-۹۹, ۱۹۸۵.
- [۲۵] H. Ernst, "The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of CNC-technology in the machine tool industry," *Small Business Economics*, vol. ۹, pp. ۳۶۱-۳۸۱, ۱۹۹۷.
- [۲۶] E. U. Bond and M. B. Houston, "Barriers to matching new technologies and market opportunities in established firms," *Journal of product innovation management*, vol. ۲۰, pp. ۱۲۰-۱۳۵, ۲۰۰۳.
- [۲۷] C.-Y. Wu, "Comparisons of technological innovation capabilities in the solar photovoltaic industries of Taiwan, China, and Korea," *Scientometrics*, vol. ۹۸, pp. ۴۶۹-۴۸۶, ۲۰۱۴.
- [۲۸] D. Jolly, "The issue of weightings in technology portfolio management," *Technovation*, vol. ۲۳, pp. ۳۸۳-۳۹۱, ۲۰۰۳.
- [۲۹] S. Lall, "Technological capabilities and industrialization," *World development*, vol. ۲۰, pp. ۱۶۵-۱۸۶, ۱۹۹۲.
- [۳۰] H. Ernst, "Patent portfolios for strategic R&D planning," *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. ۱۵, pp. ۲۷۹-۳۰۸, ۱۹۹۸.
- [۳۱] M. E. Porter, "Competitive strategy: Techniques for analyzing industries and competitors," *Free Press*, New York, ۱۹۸۰.
- [۳۲] J. H. Mikkola, "Portfolio management of R&D projects: implications for innovation management," *Technovation*, vol. ۲۱, pp. ۴۲۳-۴۳۵, ۲۰۰۱.
- [۳۳] C. Lin and P.-J. Hsieh, "A fuzzy decision support system for strategic portfolio management," *Decision Support Systems*, vol. ۳۸, pp. ۳۸۳-۳۹۸, ۲۰۰۴.
- [۳۴] M. Abbassi, M. Ashrafi, and E. Sharifi Tashnizi, "Selecting balanced portfolios of R&D projects with interdependencies: A Cross-Entropy based methodology," *Technovation*, vol. ۳۴, pp. ۵۴-۶۳, ۲۰۱۴.
- [۳۵] A. D'Costa, *The global restructuring of the steel industry: Innovations, institutions and industrial change*: Routledge, ۲۰۱۳.
- [۳۶] L. Song and H. Liu, *The Chinese Steel Industry's Transformation: Structural Change, Performance and Demand on Resources*: Edward Elgar Publishing, ۲۰۱۲.
- [۳۷] AISI, "Annual Statistical Report ۲۰۱۱," ۲۰۱۲.
- [۳۸] DOE, "IITP Steel: Steel Industry Technology Roadmap," USA ۲۰۱۳.
- [۳۹] EUROFER, "A Steel Roadmap for Low Carbon Europe ۲۰۵۰," ۲۰۱۳.

- [۴۰] H. Liu and K. S. Gallagher, "Catalyzing strategic transformation to a low-carbon economy: A CCS roadmap for China," Energy Policy, vol. ۳۸, pp. ۵۹-۷۴, ۲۰۱۰.
- [۴۱] J. Kejun, H. Xiulian, Z. Xing, and L. Qiang, "China's Low-carbon Scenarios and Roadmap for ۲۰۵۰ [J]," Sino-Global Energy, vol. ۶, pp. ۲۱-۲۶, ۲۰۰۹.
- [۴۲] "A Roadmap for Research and Development and Technology for Indian Iron and Steel Industry," New Dehli ۲۰۱۱.
- [۴۳] B. Agrawal and A. Mathur, "New Ironmaking Processes: Relevance to India," in MMMM ۲۰۱۱ Conference, ۲۰۱۱.
- [۴۴] R. d. Vera, "GROWING FIRMS OF STEEL: A COMPETIVENESS ROADMAP OF THE PHILIPPINE IRON AND STEEL INDUSTRY," presented at the ۱۲th National Convention on Statistics (NCS), Mandaluyong, ۲۰۱۳.
- [۴۵] D. S. Babich, H.W. Gudenau, K.Th. Mavrom, Ironmaking. Germany: Aachen: RWTH Aachen University, ۲۰۰۸.
- [۴۶] H. Tanaka, K. Miyagawa, and T. Harada, "FASTMET®, FASTMELT®, and ITmk<sup>۳</sup>®: Development of New Coal-based Ironmaking Processes," Direct from Midrex From the Hearth, Winter, vol. ۲۰۰۸, pp. ۸-۱۳, ۲۰۰۷.
- [۴۷] A. Ghosh and A. Chatterjee, Iron Making and Steelmaking: Theory and Practice: PHI Learning Pvt. Ltd., ۲۰۰۸.
- [۴۸] F. Plaul, C. Böhm, and J. Schenk, "Fluidized-bed technology for the production of iron products for steelmaking," Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, vol. ۱۰۸, pp. ۱۲۱-۱۲۸, ۲۰۰۹.
- [۴۹] T.-C. Chu, "Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach," The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. ۲۰, pp. ۸۵۹-۸۶۴, ۲۰۰۲.
- [۵۰] M. P. Amiri, "Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods," Expert Systems with Applications, vol. ۳۷, pp. ۶۲۱۸-۶۲۲۴, ۲۰۱۰.
- [۵۱] ص. ساعتی، م. ع. حاتمی و ا. ماکویی، «تصمیم‌گیری گروهی به کمک تاپسیس فازی»، مجله ریاضیات کاربردی، ص ۲۱-۳۴. ۱۳۸۶.

