Journal of
Improvement Management
Vol. 9 No. 3, Autumn 2015 (Serial 29)

Attractiveness-Competitiveness Matrix as a Technology Strategy Making Tools (Case Study: Ironmaking Technology)

Reza Ansari[1]☎, Javad Soltanzadeh[2], Amir Sharifian[3], Morteza Nateghian[4], Saeed Farabi Khanqahi[5]

1- Assistant Professor, Faculty of Administrative Sciences and Economics, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
2- PhD candidate of Technology Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
3- MSc in Futures Studies, Faculty of Advanced Sciences and Technologies, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
4- MSc in Material Engineering, Faculty of Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
5- PhD candidate of Materials Engineering, faculty of Materials and Metallurgy Engineering, Semnan University, Semnan, Iran.

Abstract:

Volume of steelmaking in Iran should be increased to 50 million tons per year based on 1404 vision, approximately. This requires building the new iron/steelmaking plant and balancing the steel industry supply chain from iron ore to steel slab, hot and cold rolling. When increasing technological pressures, environmental challenges, and international competitive and dealing with restrictions of information, investors have not tendency to invest. Therefore, the Ministry of Industry, Mining and Trade (especially IMIDRO) as a policymakers must direct investors by illustrate baselines in this field such as technology strategy making and technology selection. In this way, Attractiveness-Competitiveness Matrix (ACM) as a technology strategy tool can be used.

This paper aim to develop the portfolio of technology based on ACM in ironmaking technologies. First, we develop four factors for attractiveness (market potential, competitive situation, technical potential, and political-social aspects) and three factors for competitiveness (technical-technological capacity, complementary capabilities, and financial capacity). Second, we request experts (researchers and managers that study/work on ironmaking technology field at least 15 years experience) to assessment twenty ironmaking technologies based on attractiveness and competitiveness dimensions. Finally, analysis by Fuzzy Topsis is shown Blast Furnace and Midrex have the highest attractiveness and competitiveness.

Keywords: *Steel Industry, R&D Portfolio, Attractiveness-Competitiveness Matrix, Iron Reduction Technologies, Fuzzy Topsis.*

1. ☎*Corresponding author: r.ansari@ase.ui.ac.ir*
2. *soltanzadeh921@atu.ac.ir*
3. *sharifian_amir@yahoo.com*
4. *mortezanateghian@yahoo.com*
5. *bahman_saeid_1363@yahoo.com*

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

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

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

رضا انصاری[۱*]، جواد سلطان‌زاده[۲]، امیر شریفیان[۳]، مرتضی ناطقیان[۴]، سعید فارابی خانقاهی[۵]

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. ازاین‌رو سیاست‌گذاران می‌بایست با انجام مطالعات مبنا دراین حوزه، انتخاب فن‌آوری را برای صاحبان سرمایه تسهیل نموده و با آشنایی متخصصان داخلی با فن‌آوری‌های جدید ظرفیت جذب فن‌آوری را ارتقا دهند. برای این منظور در مقاله حاضر با معرفی روش‌های تدوین پورتفولیو فن‌آوری، ماتریس ارزیابی جذابیت- توانمندی به‌عنوان ابزاری مناسب برگزیده شد. همچنین با استفاده از تجربیات موجود و تحقیقات گذشته، عوامل ومعیارهای 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 soltanzadeh۹۲۱@atu.ac.ir
۳- کارشناسی 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 تقریبا ۱۵ میلیون تن در سال است و از این جهت در جایگاه پانزدهم تولید فولاد (کمتر از یک درصد تولید جهانی) قرار دارد[۱]. مبتنی بر چشم‌انداز ۱۴۰۴ تولید فولاد در ایران می‌بایست به عدد ۵۰ میلیون تن در سال افزایش یابد[۲]. 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[۳]. 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[۴]: الف) نیازمند هزینه سرمایه‌گذاری اولیه بسیاربالایی 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) آلایندگی 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 دیاگرام‌های حبابی تاکید شده است؛ اما کمتر به شاخص‌های مناسب برای ارزیابی توجه کرده‌اند.

---

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

۲ http://www.worldsteel.org/

۳ http://www.worldsteel.org/

۴ 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 ارایه 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 ارایه 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 ارایه 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 مارکوییتز[۱] [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[۲] نیز مدلی را به‌منظور ارزیابی ریسک‌ها در محیط چندگانه ارایه کرد[۹]. در حوزه مطالعات استراتژیک نیز گروه بوستون ماتریسی مبتنی بر رشد-سهم ارایه می‌کنند که مبنای مطالعات و توسعه چارچوب توسط شرکت مک‌کینزی[۳] نیز می‌شود[۱۰]. دِی [۱۱] نیز در مطالعات خود چارچوبی را ارایه 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[۴] [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[۱۳][۵]، کوپر و

---

۱ Markowitz
۲ YU
۳ McKinsey
٤ Smith et al
٥ Wheelwright and Clark

کلین‌اشمیت[۱۴][۱]، بوهانک و همکاران[۱۵][۲]، قاسم‌زاده و آرچر[۱۶][۳]، کستر و همکاران[۴] [۱۷] روش‌هایی را برای تدوین پورتفولیو تحقیق و توسعه و فن‌آوری، ارایه کرده‌اند. هیدنبرگر و همکاران[۵] [۱۸] روش‌های کمّی 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 نظرگرفتن محدودیت‌هایشان رتبه‌بندی می‌نماید؛ (۲) برنامه‌ریزی بهینه‌یابی ریاضی سود مورد انتظار به همراه تشخیص محدودیت‌های منابع در دسترس؛ (۳) نظریه بازی و تصمیم که به عدم‌قطعیت‌های 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[۶]، تئوری قیمت‌گذاری گزینه‌ها[۷]، گزینه‌ها[۷]، رویکردهای استراتژیک، مدل‌های نمره‌دهی و چک‌لیست‌ها، رویکرد تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی[۸]، رویکردهای رفتاری و دیاگرام‌های حبابی[۹] 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 شفافی 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 (ازجمله منابع سرمایه‌ای، انسانی،

---

[۱] Cooper and Kleinschmidt
[۲] Bohanec et al.
[۳] Ghasemzadeh, N.P. Archer
[۴] Kester et al.
[۵] Heidenberger et al
[۶] Probabilistic Financial Models
[۷] Options Pricing Theory
[۸] Analytical Hierarchy Approaches
[۹] 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][۱]. همچنین عواملی بیرون از سازمان وجود دارند که در ورای کنترل سازمان هستند از جمله این عوامل می‌توان به رفتارمشتری، رقبا، دولت‌ها و دیگر ذی‌نفعان اشاره کرد؛ این عوامل جایگاه فن‌آوری را بیرون از بنگاه تبیین می‌کنند که تحت عنوان جذابیت[۲] فن‌آورانه مطرح است[۳, ۳۰]. 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 توام 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:

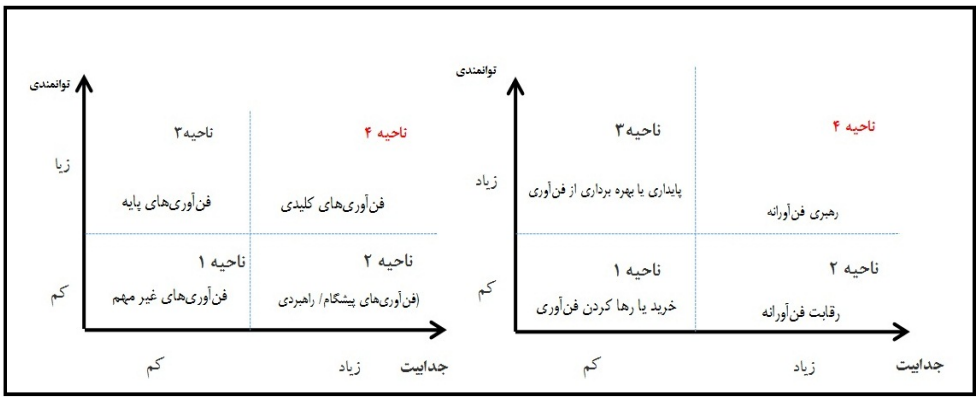
- ناحیه (۱): فن‌آوری‌هایی که در این ناحیه قرار می‌گیرند از جذابیت بالایی برخوردار نبوده و توانمندی شرکت نیز در آنها پایین است. این فن‌آوری‌ها غیر ضروری هستند؛ راهبرد مناسب شرکت واگذاری به شرکت‌های دیگر و یا عدم تمرکز بر آنهاست.
- ناحیه(۲) : فن‌آوری‌های این ناحیه از جذابیت بالایی برخوردارند و بنابراین 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.

---

[۱] 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.

[۲] Attractiveness

- 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 اولا با اولویت بالایی در فهرست اکتساب قرار گیرند و ثانیا به دلیل توانی که شرکت در زمینـه آنهـا 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 [۱۰, ۲۱] 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 [۳, ۲۸] 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 محدوده‌ی 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

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

د) وضعیت سیاسی- اجتماعی

جذابیت فن‌آوری تنها یک موضوع مرتبط با بازار، رقابت و ابعاد فنی نیست. ابعاد سیاسی–اجتماعی نیز ممکن است بر توسعه‌ی حوزه‌ی فن‌آوری اثر گذار باشد. دو معیار اتخاذ شده در این زمینه عبارت‌اند از: فشارهای اجتماعی از یک سو و حمایت‌های عمومی از سوی دیگر. فن‌آوری‌های جدید می‌تواند نکات منفی در پی داشته باشند مانند حوادث کاری و آلودگی هوا. اثرات منفی فن‌آوری‌ها 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 فن‌آوری‌ها شوند.

۲-۲-معیارهای ارزیابی توانمندی فن‌آورانه

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

الف) ظرفیت فنی- فن‌آورانه

ارزیابی منابع فن‌آورانه باید از چند منظر مورد توجه قرار گیرد: دارایی‌های محسوس، دارایی‌های غیرمحسوس و منابع انسانی. دراین راستا نُه 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 خواهدبود. ارزش تجهیزات وآزمایشگاه‌هاو میزان تخصص واحدهای تحقیق وتوسعه اشاهر 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 تاکید دارد.

ب) منابع مکمل

نخستین معیار ظرفیت ارتباطات سازمان با مجامع علمی در راستای همراه بودن با آخرین دانش‌های بنیادین در علم وتکنیک‌هاست. 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 تحقیق‌وتوسعه به خوبی این مسأله واقف هستندکه به منظور جذب بودجه‌های تحقیقاتی فن‌آوری می‌بایست ظرفیت موجود را داشته باشد. معیار بعدی در منابع مکمل تحقیق‌وتوسعه–بازاریابی و تحقیق و توسعه–تولید است. واحد تحقیق و توسعه به هیچ وجه نباید به صورت مستقل عمل کند. روابط بین تحقیق‌وتوسعه با بازاریابی و همچنین تحقیق‌وتوسعه با بخش تولید دارای‌های غیر محسوسی هستند که می‌بایست به‌طور وسیعی توسعه یابد. رقابت فن‌آورانه وابسته به قدرت ارتباط بین تحقیق‌وتوسعه وبازاریابی است. مدیران همچنین باید توجه ویژه‌ای به کیفیت رابطه بین تحقیق‌وتوسعه 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 درموردطراحی‌های 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 تحقیق‌وتوسعه 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] به‌منظور توسعه یک مدل تصمیم‌گیری در واحدهای تحقیق‌و 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 متوزان پروژه‌های تحقیق و توسعه دو دسته عوامل جذابیت و توانمندی را ارایه کرده‌اند. آنها در مطالعات خود جذابیت را به عنوان «معیارهای برون‌زا»[۱] (از قبیل وضعیت چرخه‌عمر، ملاحظات محیطی و ایمنی، موانع تقلید، شدت رقابت رقبا، پتانسیل پیشرفت، تاثیر بر حجم بازار)، توصیف کرده و توانمندی را به عنوان «معیارهای درون‌زا»[۲] (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			هکس و مجلوف (۱۹۹۲)	میکولا (۲۰۰۰)	لین و هسی (۲۰۰۳)	عوامل	معیارهای توانمندی	جولی			هکس و مجلوف	میکولا (۲۰۰۰)	لین و هسی
		۲۰۰۳	۲۰۰۸	۲۰۱۲						۲۰۰۳	۲۰۰۸	۲۰۱۲			
پتانسیل بازار	حجم ایجاد شده در بازار توسط فن‌اوری	√	√	√				ظرفیت فنی فن‌آورانه	پتنت‌های ثبت شده پیرامون فن‌آوری	√	√	√	√	√	√
	تنوع ایجاد شده در بازار توسط فن‌آوری	√	√	√					میزان نهادسازی پیرامون نظام محافظت دارایی فکری	√	√	√			
وضعیت رقابتی	شدت افزایش تعداد رقبا	√	√	√					میزان آزمایشگاه و تجهیزات شرکت پیرامون فن‌آوری				√		√
	سرمایه‌گذاری رقبا در تحقیق و توسعه			√					تجربه انباشته شده در زمینه فن‌آوری	√	√	√			

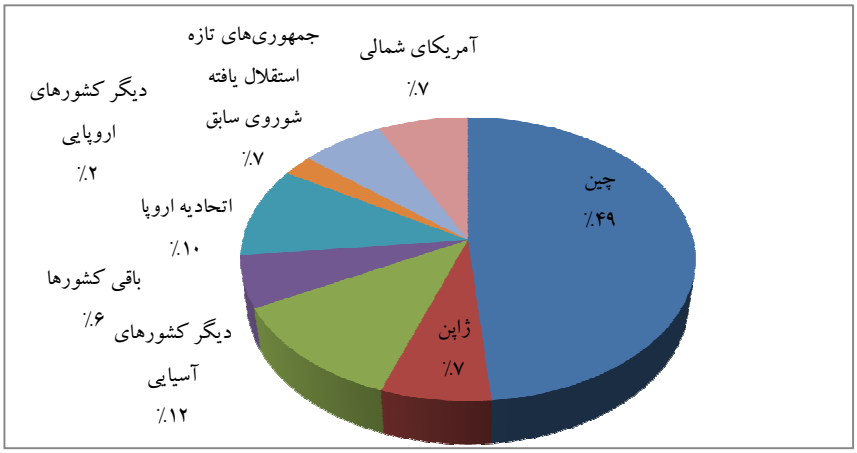
[۱] Exogenous measures
[۲] Endogenous measures

	سطح رقابت برای توسعه فن‌آوری	√	√	√				توانمندی‌های تیم تحقیقات بنیادی		√	√	√				
	موانع تقلید و کپی‌سازی	√	√	√	√			دسترسی به منابع خارجی					√			
	پتانسیل توسعه‌ی یک طراحی غالب	√	√	√				توانمندی‌ها در بهره‌برداری از فن‌آوری		√	√	√				
پتانسیل فنی	وضعیت فن-آوری در چرخه عمر	√	√	√				ارتباط انجمن‌های علمی	توانمندی مکمل	√	√	√				
	اختلاف سطح عملکرد فعلی با حداکثر توانایی آن	√	√	√				ارتباط دانشگاه‌ها		√	√	√				
	فاصله عمر فن‌آوری با جایگزین‌ها	√	√	√				ارتباط پارک‌های علم و فن‌آوری و مراکز رشد		√	√	√				
	میزان تهدید فن‌آوری‌های جایگزین				√			همکاری‌های فن‌آورانه کشورها		√	√	√				
	تأثیر بلند مدت بر روی هزینه				√			همکاری‌های فن‌آورانه با تامین‌کنندگان		√	√	√				
	تأثیر بلند مدت بر روی کیفیت				√			همکاری‌های فن‌آورانه با مشتریان		√	√	√				
سیاسی-اجتماعی	آلایندگی زیست‌محیطی	√	√	√		√	√	روابط همکارانه میان تحقیق و توسعه و بازاریابی		√	√	√				
	پشتیبانی قوانین و مقررات صنعتی	√	√	√				روابط همکارانه میان تحقیق و توسعه و بهره‌برداری								√
	مصرف منابع انرژی						√	وضعیت به اشتراک‌گذاری و تبادل دانش					√	√		
	همراستایی با اسناد بالادستی	√	√	√				میزان سرمایه‌گذاری در تحقیق و	ظرفیت	√	√	√				

						توسعه مرتبط با فن‌آوری									
			√	√	√	توانایی جذب منابع مالی									

٤- صنعت فولاد

در سال‌های پس از جنگ جهانی دوم به اعتقاد بسیاری از سیاست‌گذاران و دولت‌مردان کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه تولید فولاد میزان توسعه صنعتی کشورها را رقم می‌زده است[۳۵, ۳۶]. در سال‌های اخیر با پیچیده‌تر شدن دانش به‌کار رفته در محصولات، ظهور فن‌آوری اطلاعات و توسعه بخش خدمات هر چند از نگاه افراطی به‌صنعت فولاد کاسته شده است، اما همچنان این صنعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در سال ۲۰۱۰، بالغ بر ۱۴۱۴ میلیون تن محصولات فولادی تولید شده است؛ این در–حالی است که کل حجم تولید فولاد جهان در سال ۲۰۰۹، حدود ۱۲۳۱ میلیون تن برآورد شده است[۱]. بر اساس «گزارش انجمن جهانی فولاد»[۲]، میزان کل تولید فولاد خام در جهان در شش ماه ابتدای سال ۲۰۱۴ از مرز ۸۲۱۳۰۰ میلیون تن عبور کرد که ۳,۹۴ درصد بیش از مدت مشابه سال قبل بوده است. در این میان، چین همچنان در رتبه نخست تولید فولاد خام در جهان جای دارد (شکل ۲).



شکل ۲. سهم تولید فولاد در کشورها در سال ۲۰۱۳ (منبع: انجمن جهانی فولاد)

در شش ماه اول سال ۲۰۱۴ تولید فولاد خام چین با رشد ۵/۸ درصدی به ۴۱۱۹۰۹ میلیون تن رسید. تولید فولاد در بیست کشور برتر، در سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۲۰۱۲ به میزان ۳/۳۷ درصد رشد داشته است. ایران با تولید تقریبی ۱۵ میلیون تن در جایگاه پانزدهمین کشور تولید کننده فولاد قرار گرفته است (جدول ۲).

---

[۱] تمامی اعداد بین‌المللی این گزارش از وب‌سایت «انجمن جهانی فولاد» به آدرس زیر استخراج شده است http://www.worldsteel.org /

[۲] World Steel Association

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	۶/۲۹
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 پیشی‌گرفتن کشورهایی چون کره جنوبی، چین و هند در تولید و صادارات. با مروری بر نقشه‌راه صنعت فولاد آمریکا[۱] [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 نوعی‌که چرخه عمر پنجاه ساله فن-آوری‌های صنعت فولاد به بیست تا پانزده سال رسیده است. از این‌رو تناقضی در سرمایه‌گذاری در این

[۱] http://steeltrp.com/

صنعت ایجاد شده است: از یک سو منبع‌محور بودن صنعت فولاد و هزینه بالای زیرساخت (مانند وجود راه‌آهن) احداث واحدهای بزرگ را توجیه‌پذیر می‌نماید از سوی دیگر نیز کوتاه شدن چرخه عمر این صنعت مستلزم نوسازی فن‌آورانه در کوتاه‌مدت و لذا احداث واحدهای کوچک است.

- ظهور فن‌آوری‌های دوستدار محیط زیست: مبتنی بر کنوانسیون کیوتو (منع اشاعه گازهای گلخانه‌ای) صنایع انرژی بر مانند فولاد مورد توجه قرار گرفته‌اند. برای کاهش اثرات جانبی این صنعت سه مرحله اقدامات انجام شده است: افزایش راندمان، کاهش گازها (با توسعه فیلترهای مبتنی بر فن‌آوری نانو) و تغییر ساختاری فن‌آوری‌ها. هر سه این اقدام رویکردی فن‌آورانه به اثرات منفی زیست‌محیطی این صنعت داشته که منجر به بروز فن‌آوری‌ها نوظهور شده است. در واقع دیگر نمی‌توان صنعت فولاد را به سادگی در دسته صنایع با فن‌آوری پایین دانست.
- اهمیت دسترسی به مواد خام: نگاه تجاری به این صنعت زمانی می‌تواند 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 فن‌آوری بالا و همچنین دسترسی به بازار مصرف ویژه‌ی آن است، بسیاری از شرکت‌ها راهبرد دوم را انتخاب می‌کنند. باید توجه داشت تولید فولادهای معمولی در حجم بالا نیازمند دسترسی مستمر و پایدار به معادن و انرژی است. به‌ویژه آن‌که 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 داشته‌اند: توسعه‌دهندگان فن‌آوری و کاربران فن‌آوری. دراین تقسیم کار جهانی چند شرکت فن‌آوری‌های این صنعت را توسعه می‌داده‌اند مانند میدرکس آمریکا، دانیلی ایتالیا و اتوتک فنلاند؛ و باقی شرکت‌ها استفاده‌کننده از فن‌آوری‌ها و تولیدکننده فولاد بوده‌اند. اما در سال‌های اخیر با تاکید چشم‌گیر شرکت‌های ژاپنی و کره‌ای صنعت فولاد بر فعالیت‌های تحقیق و توسعه و ثبت پتنت‌های مرتبط و ارایه فن‌آوری‌های نوین، این تصویر تغییر کرده است. هر چند شرکت‌های توسعه‌دهنده فن‌آوری جایگاه ویژه خود را حفظ کرده‌اند اما این تغییر تلنگری است به شرکت‌های تولید کننده فولاد است که ارگانسیم جدید را دریابند.

فن‌آوری 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 آهن‌سازی، فولادسازی، نورد گرم و نورد سرد به سرانجام می‌رسد. از آن‌جایی که این صنعت به شدت منبع‌بر است، تنها در مقیاس‌های بالا صرفه‌ی 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 جهت‌گیری‌های استراتژیک متفاوتی را در این زنجیره طولانی تعیین‌کنند. 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 کشورهایی 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 آلایندگی زیست‌محیطی که دارند در دو دهه گذشته نرخ شتابانی در تغییرات فن‌آورانه داشته‌اند. به گونه‌ای که سازمان‌ها و انجمن‌های جهانی فولاد، تولید فولاد را دقیقا با تاکید بر نوع فن‌آوری استفاده شده در مراحل آهن‌سازی ارایه می‌کنند.[۱] 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، آلایندگی‌های زیست محیطی و هزینه‌های متفاوتی در بردارد.

بدین ترتیب می‌توان اذعان نمود شناخت و گونه‌شناسی انواع فن‌اوری‌های فرآیندی احیا و همچنین تعیین راهبرد مناسب امکان می‌توان 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 (جدول۳)، ارزیابی جذابیت و توانمندی انجام شده و تلاش گردید با ترسیم ماتریس جذابیت–توانمندی گونه و استراتژی مناسب برخورد با هر فن‌آورانه تعیین گردد.

[۱] http://www.worldsteel.org/

جدول ۳. مقایسه انواع فرآیندهای احیا

منبع: وزارت فولاد هند[۴۲]، بابیچ و همکاران[۱] [۴۵]، تاناکا و همکاران[۲] [۴۶]، قوش و همکاران[۳] [۴۷]، آگراول و ماثور[۴] [۴۳]، پلائول و همکاران[۵] [۴۸] و انجمن جهانی فولاد[۶]

طبقه بندی	فرآیند	نوع محصول	میزان توسعه	مواد ورودی	عامل احیا کننده	نوع فرآیند احیا	ظرفیت تولید سالانه (Mt/year)
با خروجی مذاب	میدرکس	آهن اسفنجی/ بریکت	تجاری شده	گندله/کلوخه	گاز طبیعی	کوره شافتی	بیش از ۱
	اچ.وای.ال یک	آهن اسفنجی/ بریکت	تجاری شده	گندله/کلوخه	گاز طبیعی	کوره شافتی	بیش از ۱
	اچ.وای.ال(II)	آهن اسفنجی/ بریکت	تجاری شده	گندله/کلوخه	گاز طبیعی	کوره شافتی	بیش از ۱
	فرآیند فاینمت	آهن اسفنجی/ بریکت	نیمه تجاری	نرمه	گاز طبیعی	بستر سیال	۱-۰/۵
	فرآیند سیرکورد	آهن اسفنجی/ بریکت	نیمه تجاری	نرمه	گاز طبیعی	بستر سیال	۱-۰/۵
	فرآیند سیرکوفر	آهن اسفنجی/ بریکت	تست اجزا	نرمه	زغال‌سنگ	بستر سیال	۰/۵-۰/۲
	SL-RN	آهن اسفنجی/ بریکت	تجاری شده	گندله/کلوخه	زغال‌سنگ	کوره دوار	۰/۵-۰/۲
	ITMK۳	آهن اسفنجی/ بریکت	نمونه صنعتی	گندله/کلوخه	گاز طبیعی/زغال‌سنگ	Rotary hearth	۱-۰/۵
	اینمتکو	آهن اسفنجی/ بریکت	نیمه تجاری	گندله/کلوخه	زغال‌سنگ	Rotary hearth	کمتر از ۰/۲

[۱] Babich et al.
[۲] Tanaka et al.
[۳] Ghosh et al.
[۴] Agrawal and Mathur
[۵] Plaul et al.
[۶] www.worldsteel.org

طبقه بندی	فرآیند	نوع محصول	میزان توسعه	مواد ورودی	عامل احیا کننده	نوع فرآیند احیا	ظرفیت تولید سالانه (Mt/year)
	مائومی	آهن اسفنجی/ بریکت	نیمه تجاری	گندله/کلوخه	زغال‌سنگ	Rotary hearth	کمتر از ۰/۲
	کامت	آهن اسفنجی/ بریکت	تست اجزا	نرمه	گاز طبیعی/زغال‌سنگ	دیگر کوره‌ها	کمتر از ۰/۲
با خروجی بار گرم	کوره بلند	بارگرم/ آهن خام	تجاری شده	زینتر/کلوخه/ گندله/ بریکت	کک	کوره بلند	حجم ۲۰۰۰۰مترمکعب،
	کورکس	بار گرم/ آهن خام	تجاری شده	گندله/کلوخه	زغال‌سنگ	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/زغال‌سنگ	دیگر کوره‌ها	۰/۵-۰/۲
	روملت	بار گرم/ آهن خام	نمونه صنعتی	نرمه	گاز طبیعی/زغال‌سنگ	دیگر کوره‌ها	کمتر از ۰/۲
	فست ملت	بار گرم/ آهن خام	نمونه صنعتی	گندله/کلوخه	زغال‌سنگ	Rotary hearth	۰/۱-۰/۵
	رد اسملت	بار گرم/ آهن خام	نیمه تجاری	گندله/کلوخه	زغال‌سنگ	Rotary hearth	۰/۱-۰/۵
	آیرون داینامیک	بار گرم/ آهن خام	نیمه تجاری	گندله/کلوخه	زغال‌سنگ	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 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 ارایه 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 به‌صورت 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 ارایه نموده و سپس پرسشنامه‌ها توزیع گردید. برای محاسبه مقادیر جذابیت و توانمندی هر فن‌آوری از روش تاپسیس فازی[۱] [۴۹-۵۱] به شرح زیر استفاده شده است.

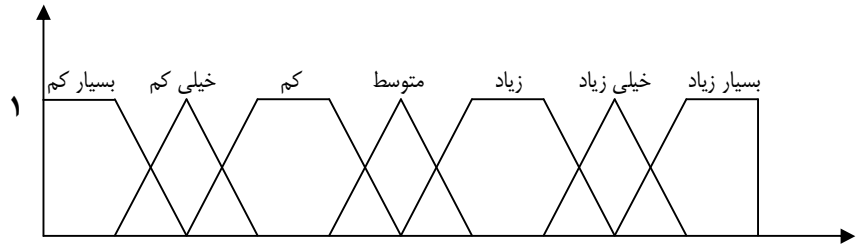
الف) ابتدا وزن هر یک از عوامل (چهار عامل جذابیت و سه عامل توانمندی) مبتنی بر مقایسات زوجی محاسبه گردید (جدول ۴).

جدول ٤. 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

[۱] 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.



متغیر گفتاری	بسیار کم	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	بسیار زیاد
بردار فازی	(۰،۱،۱،۲)	(۱،۲،۲،۳)	(۲،۳،۴،۵)	(۴،۵،۵،۶)	(۵،۶،۷،۸)	(۷،۸،۸،۹)	(۸،۹،۱۰،۱۰)

شکل ۳. متغیرهای گفتاری بردارهای فازی

ج) پس از گردآوری پرسشنامه‌ها مبتنی بر پاسخ هر پرسش‌شونده یک مقدار نرخ فازی $\widetilde{R}_k = \left(r_k^a, r_k^b, r_k^c, r_k^d\right) (K = ۱, ۲, \dots, k)$ در دسترس خواهد بود؛ فرض کنید مجموعه $x = \{x_{ij} | i = ۱, ۲, \dots, m,\ j = ۱, ۲, \dots, n\}$ نرخ‌های ارزیابی $A_i\ (i = ۱, ۲, \dots, m)$ با توجه به معیارهای $C_j\ (j = ۱, ۲, \dots, n)$ باشد. هر تصمیم‌گیرنده $D_k\ (k = ۱, ۲, \dots, K)$ می‌تواند نرخ فازی خود را به صورت یک عدد فازی ذوزنقه‌ای مثبت $\widetilde{R}_k (k = ۱, ۲, \dots, k)$ تعیین نماید.

د) تشکیل ماتریس تصمیم؛ اگر نرخ های فازی همه تصمیم‌گیرنده‌ها به صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای مثبت $\widetilde{R}_k = \left(r_k^a, r_k^b, r_k^c, r_k^d\right) (K = ۱, ۲, \dots, k)$ باشد، برای تلفیق نرخ‌های فازی تصمیم‌گیرنده‌ها، می‌توان نرخ فازی تلفیق شده را به صورت $\widetilde{R} = (r^a, r^b, r^c, r^d)$ با استفاده از معادله ۱ تعریف نمود:

معادله۱: $r^a = \min_k\{r_k^a\}$، $r^b = \frac{۱}{k}\sum_{k=۱}^{k} r_k^b$، $r^c = \frac{۱}{k}\sum_{k=۱}^{k} r_k^c$،

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

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

ه) تشکیل ماتریس تصمیم نرمال شده؛ می‌توان با استفاده از معادله ۲ به ماتریس نرمال شده $\widetilde{R} = \left[\tilde{r}_{ij}\right]_{m\times n}$ دست یافت (اگر معیار سود باشد از رابطه ۲. الف و اگر معیار از هزینه باشد از رابطه ۲.ب).

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

و) تشکیل ماتریس تصمی وزین نرمال شده؛ با ضرب بردار وزن w (از پرسشنامه جدول ۴ استخراج می‌شود) در درایه‌های ماتریس $\widetilde{\mathrm{R}}$، ماتریس $\widetilde{\mathrm{Q}} = \left[\widetilde{\mathrm{Q}}_{\mathrm{ij}}\right]_{\mathrm{m\times n}}$ از معادله ۳ تشکیل می‌شود.

معادله ۳: $$\widetilde{\mathrm{Q}} = \left[W_j.\tilde{r}_{ij}\right]_{m\times n}$$

ز) تعیین ایده‌آل و ضد ایده‌آل فازی؛ عناصر ماتریس تصمیم‌گیری فازی نرمال وزین $(\forall\ \mathrm{i,j})\ \tilde{\mathrm{q}}_{\mathrm{ij}} \cong \left(\mathrm{q}^{\mathrm{a}}_{\mathrm{ij}}, \mathrm{q}^{\mathrm{b}}_{\mathrm{ij}}, \mathrm{q}^{\mathrm{c}}_{\mathrm{ij}}, \mathrm{q}^{\mathrm{d}}_{\mathrm{ij}}\right)$، همچنان تقریباً به صورت عدد فازی ذوزنقه‌ای می‌باشند. اکنون حل ایده‌آل فازی (F^{*}) و ضدایده‌آل فازی (F^{-}) را به صورت معادله ۴ می‌توان تعریف نمود:

معادله ۴: $$F^{-} = \left(\tilde{V}_1^{-}, \tilde{V}_2^{-}, \dots, \tilde{V}_n^{-}\right) \quad ، F^{*} = \left(\tilde{V}_1^{*}, \tilde{V}_2^{*}, \dots, \tilde{V}_n^{*}\right)$$

به طوریکه

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

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

ح) محاسبه مقادیر جذابیت و توانمندی هر فن‌آوری؛ میزان 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:

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

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

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 $(\mathrm{CC_i})$ برای هر گزینه خاص از طریق معادله ۶ به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

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

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

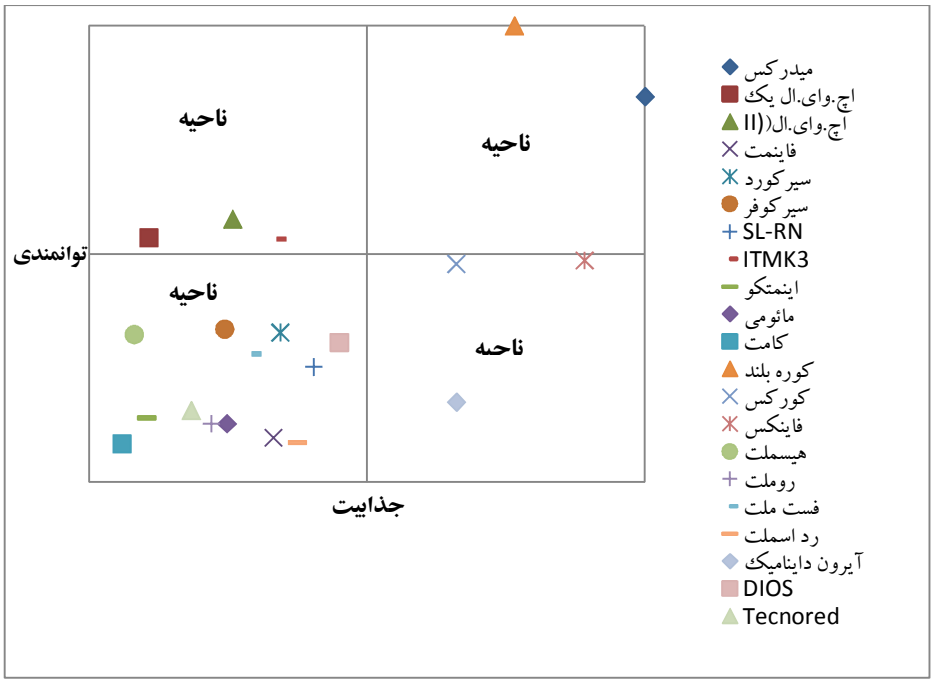
پس از گردآوری پرسشنامه از خبرگان محاسبات بر اساس معادلات ۱، ۲ و ۳ انجام شده است. در ادامه مقادیر نهایی جذابیت و توانمندی هر فن‌آوری در جدول ۵ قابل مشاهده است. در جدول ۵، فاصله ابتدا حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل بر اساس معادله ۴ محاسبه شده (حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل مقادیر جذابیت و توانمندی به صورت مجزا منظور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

جدول ۵. مقادیر نهایی جذابیت و توانمندی فن‌آوری‌های آهن‌سازی

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	مائومی	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	۰,۱	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 فن‌آوری امکان ترسیم ماتریس ارزیابی جذابیت–توانمندی مهیا خواهد بود. با قرار دادن مقادیر جذابیت در محور افقی و مقادیر توانمندی هر فن‌آوری در محور عمودی، ماتریس ارزیابی جذابیت–توانمندی در دسترس خواهد بود. همان‌طور که در شکل ۴ رویت می‌شود، این ماتریس دارای نواحی چهارگانه‌ای است که هر ناحیه معرف نوع معینی از فن‌آوری است.



شکل ٤. ماتریس ارزیابی جذابیت- توانمندی فن‌آوری‌های 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 آن‌که 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 بارتعریف، اصلاح و یا تدقیق نمود.
- شناسایی فن‌اوری‌های بدیل؛ هر چند این ابزار در حوزه مدیریتی تعریف می‌شود اما به‌کاربستن آن به شدت وابسته به وجود و همکاری با تیم فنی مهندسی است. فن‌اوری‌های 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 جزدیات 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 به‌کار 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. ۲٦, pp. ۳۲٤-۳۳٥, ۲۰۰٦.

[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.

[٤] C. F. Chien, "A portfolio–evaluation framework for selecting R&D projects," R&D Management, vol. ۳۲, pp. ۳٥۹-۳٦۸, ۲۰۰۲.

[٥] R. G. Cooper, S. J. Edgett, and E. J. Kleinschmidt, "New problems, new solutions: making portfolio management more effective," Research-Technology Management, vol. ٤۳, pp. ۱۸-۳۳, ۲۰۰۰.

[٦] R. Foster, "Linking R&D to strategy," McKinsey Quarterly (Winter), pp. ۳٥-٥۲, 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. ٤٦, pp. ۳۲-۳۸, ۲۰۰۳.

[۸] H. Markowitz, "Portfolio selection*," The journal of finance, vol. ۷, pp. ۷۷-۹۱, ۱۹٥۲.

[۹] Z. Yu, "A spatial mean-variance MIP model for energy market risk analysis," Energy Economics, vol. ۲٥, pp. ۲٥٥-۲٦۸, 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. ٥٤-۷۱, 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.

[۱٤] 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.

[۱٥] M. Bohanec, V. Rajkovič, B. Semolić, and A. Pogačnik, "Knowledge-based portfolio analysis for project evaluation," Information & management, vol. ۲۸, pp. ۲۹۳-۳۰۲, ۱۹۹٥.

[۱٦] 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. ۲٦, pp. ۳۲۷-۳٤۱, 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. ۱۹۷-۲۲٤, 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. ۱٦, pp. ۳۳۳-۳٥۱, ۱۹۹۹.
[۲۰] M. K. Badawy, "Managing human resources," Research Technology Management, vol. ۳۱, pp. ۱۹-۳٥, 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. ٤۱-٥۹, ۱۹۹۲.
[۲٤] N. K. Sethi, B. Movsesian, and K. D. Hickey, "Can technology be managed strategically?," Long Range Planning, vol. ۱۸, pp. ۸۹-۹۹, ۱۹۸٥.
[۲٥] 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. ۳٦۱-۳۸۱, ۱۹۹۷.
[۲٦] 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. ۱۲۰-۱۳٥, ۲۰۰۳.
[۲۷] C.-Y. Wu, "Comparisons of technological innovation capabilities in the solar photovoltaic industries of Taiwan, China, and Korea," Scientometrics, vol. ۹۸, pp. ٤۲۹-٤٤٦, ۲۰۱٤.
[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. ۱٦٥-۱۸٦, ۱۹۹۲.
[۳۰] H. Ernst, "Patent portfolios for strategic R&D planning," Journal of Engineering and Technology Management, vol. ۱٥, pp. ۲۷۹-۳۰۸, ۱۹۹۸.
[۳۱] M. E. Porter, "Competitive strategy: Techniques foranalyzing industries and competitors," FreePress, New York, ۱۹۸۰.
[۳۲] J. H. Mikkola, "Portfolio management of R&D projects: implications for innovation management," Technovation, vol. ۲۱, pp. ٤۲۳-٤۳٥, 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, ۲۰۰٤.
[۳٤] M. Abbassi, M. Ashrafi, and E. Sharifi Tashnizi, "Selecting balanced portfolios of R&D projects with interdependencies: A Cross-Entropy based methodology," Technovation, vol. ۳٤, pp. ٥٤-٦۳, ۲۰۱٤.
[۳٥] A. D'Costa, The global restructuring of the steel industry: Innovations, institutions and industrial change: Routledge, ۲۰۱۳.
[۳٦] 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, "]ITP Steel: Steel Industry Technology Roadmap," USA۲۰۱۳.
[۳۹] EUROFER, "A Steel Roadmap for; Low Carbon Europe ۲۰٥۰," ۲۰۱۳.

[٤٠] H. Liu and K. S. Gallagher, "Catalyzing strategic transformation to a low-carbon economy: A CCS roadmap for China," Energy Policy, vol. ٣٨, pp. ٥٩-٧٤, ٢٠١٠.

[٤١] J. Kejun, H. Xiulian, Z. Xing, and L. Qiang, "China′ s Low-carbon Scenarios and Roadmap for ٢٠٥٠ [J]," Sino-Global Energy, vol. ٦, pp. ٢١-٢٦, ٢٠٠٩.

[٤٢] "A Roadmap for Research and Development and Technology for Indian Iron and Steel Industry," New Dehli٢٠١١.

[٤٣] B. Agrawal and A. Mathur, "New Ironmaking Processes: Relevance to India," in MMMM ٢٠١١ Conference, ٢٠١١.

[٤٤] R. d. Vera, "GROWING FIRMS OF STEEL: A COMPETIVENESS ROADMAP OF THE
PHILIPPINE IRON AND STEEL INDUSTRY," presented at the ١٢th National Convention on Statistics (NCS), Mandaluyong, ٢٠١٣.

[٤٥] D. S. Babich, H.W. Gudenau, K.Th. Mavrom, Ironmaking. Germany: Aachen: RWTH Aachen University, ٢٠٠٨.

[٤٦] H. Tanaka, K. Miyagawa, and T. Harada, "FASTMET®, FASTMELT®, and ITmk٣®: Development of New Coal-based Ironmaking Processes," Direct from Midrex From the Hearth, Winter, vol. ٢٠٠٨, pp. ٨-١٣, ٢٠٠٧.

[٤٧] A. Ghosh and A. Chatterjee, Iron Making and Steelmaking: Theory and Practice: PHI Learning Pvt. Ltd., ٢٠٠٨.

[٤٨] 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. ١٠٨, pp. ١٢١-١٢٨, ٢٠٠٩.

[٤٩] T.-C. Chu, "Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach," The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. ٢٠, pp. ٨٥٩-٨٦٤, ٢٠٠٢.

[٥٠] M. P. Amiri, "Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods," Expert Systems with Applications, vol. ٣٧, pp. ٦٢١٨-٦٢٢٤, ٢٠١٠.

[٥١] ص. ساعتی, م. ع. حاتمی و ا. ماکویی، «تصمیم گیری گروهی به کمک تاپسیس فازی»، مجله ریاضیات کاربردی. ص ٢١-٣٤. ١٣٨٦.