بررسی و اولویت‌بندی ریسک‌های نوآوری در محصول با تکنولوژی بالا در انقلاب صنعتی چهارم

سینا غفاری[*1]، الهام محسنی[2]، علی معتمدزادگان[3]، منوچهر منطقی[4]

۱- [*]دانش آموخته کارشناسی ارشد، مدیریت فناوری، دانشگاه تهران، تهران
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، مدیریت فناوری، دانشگاه تهران، تهران
3- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
4- استاد، مدیریت سیستم‌ها، دانشگاه تهران، تهران

*Email: Sina.ghaffari92@alumni.ut.ac.ir

چکیده

از آنجایی که روند نوآوری و تغییرات فناورانه در انقلاب صنعتی چهارم پیچیده تر شده است، نتایج احتمالی نوآوری فناورانه و توسعه محصول جدید (NPD) به دلیل فن آوری های متنوع و در حال تغییر، افزایش انتظارات مشتری و افزایش رقابت جهانی، در انقلاب صنعتی چهارم به طور قابل ملاحظه ای از قابلیت اطمینان کمتری برخوردار است. بنابراین، عدم اطمینان نقش مهمی در طراحی و مدیریت فرآیند نوآوری فناورانه (محصول) دارد. این تحقیق با هدف شناسایی و اولویت بندی ریسک های نوآوری در محصول از طریق روش تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) به نام روش بهترین ـ بدترین (BWM) در انقلاب صنعتی چهارم انجام شده است. از طریق بررسی ادبیات موضوعی، ریسک های مرتبط با نوآوری محصول استخراج شده اند. سپس، با استفاده از BWM، این ریسک ها ارزیابی و اولویت بندی شده اند. موارد مورد مطالعه این پژوهش، ماهواره های توسعه داده شده داخلی (غیر نظامی) می باشند. پس از بررسی های انجام شده، نتایج نشان می دهد که ریسک های حوزه فناوری، سازمان و مالی از مهم‌ترین ریسک‌های فرآیند نوآوری محصول (فناورانه) با تکنولوژی بالا در صنعت High-Tech فضایی هستند.

کلیدواژگان: نوآوری فناورانه؛ ریسک؛ روش بهترین و بدترین، ماهواره، MCDM

Investigating and prioritizing the risks of high-tech product innovation in the Fourth Industrial Revolution

Sina Ghafari[1*], Elham Mohseni[2], Ali Motamedzadegan[3], Manouchehr Manteghi[4]

1- [*]Department of Management, University of Tehran, Tehran, Iran.
2- Department of Management, University of Tehran, Tehran, Iran.
3-Department of Food Science and Technology,Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari,Iran.
4- Department of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

*Email: Sina.ghaffari92@alumni.ut.ac.ir

Abstract

The innovation process has become more complex in the fourth industrial revolution, and the possible outcomes of new product development (NPD) are considerably less certain due to diverse, and rapidly changing technologies, increasing customer expectations and heightened global competition. Therefore, uncertainty plays a significant role in design and management of the innovation in product and NPD process. This study aims to identify and prioritize critical risks in product innovation through a Multi-criteria decision making (MCDM) method named Best-Worst method (BWM) in the fourth Industrial Revolution. Through literature review, critical risks involved with product innovation and NPD projects are extracted. Then, by utilizing BWM, these risks are evaluated. A real case study in Iran High-Tech industry, is used to illustrate the process of the proposed method. The results show that technology, organization and financial risks are the most critical in product innovation and NPD risks in this case. In the end, the article conducts an analysis based on the results.

Keywords Product innovation; Risk; Best-worst method; The Fourth Industrial Revolution; MCDM.

۱- مقدمه

در رقابت روزافزون در بازار جهانی، افزایش نوآوری کلید دستیابی به مزیت رقابتی و افزایش سودآوری و رشد است. پروژه ها یک تلاش موقت انجام شده برای ایجاد یک محصول، خدمات یا نتیجه منحصر به فرد جدید می باشند. جهانی شدن و افزایش رقابت باعث شده موفقیت در پروژه های فناوری نوآورانه، بیش از پیش برای سازمان ها و کسب و کار ها امری مهم تلقی شود. با این حال، بسیاری از پروژه ها هنوز تحت تاثیر تاخیر، اضافه کاری و هزینه بالای تحقیق و توسعه می باشند [1]

برای ایجاد پایداری در کسب و کار و حفظ مزیت رقابتی، سازمان ها می بایست به سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه بپردازند[2]. نوآوری در سازمان از طریق توسعه محصول جدید (NPD) یا توسعه خدمات جدید (NSD) حاصل می شود. امروزه و در خلال ایجاد انقلاب صنعتی چهارم، فرآیند نوآوری پیچیده تر شده است و نتایج احتمالی NPD به دلیل فناوری های متنوع و رشد سریع و در حال تغییر تکنولوژی، انتظارات مشتریان و افزایش رقابت جهانی، به طور قابل ملاحظه ای از قابلیت اطمینان کمتری برخوردار است و دارای ریسک می باشد[3].

کیزر و همکاران، بیان داشتند که در چند دهه گذشته، مطالعات مختلف بر روی عوامل موفقیت و عدم موفقیت (نرخ شکست) نوآوری فناورانه و نوآوری محصول جدید متمرکز شده اند[4]. اولین تحقیق از مطالعات موردی به صورت اکتشافی به گروه هایی از نظرسنجی های بزرگ در مورد نوآوری های موفق و عوامل مربوط به آن مرتبط شده بود. نقطه عطف در زمینه تحقیقات نوآوری فناورانه طی دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ اتفاق افتاد، زمانی که مطالعات اختصاصی پیرامون مقایسه محصولات و شرکت های موفق و ناموفق منتشر شد[5]. از آن زمان، توسعه محصول جدید در کنار تئوری توسعه خدمات جدید، به بخش قابل توجهی از ادبیات بازاریابی و مدیریت کالاهای مصرفی و مدیریت خدمات تبدیل شده است[6] .

عدم اطمینان به عنوان یک فاکتور کلیدی در فرآیند نوآوری در انقلاب صنعتی چهارم، نقش مهمی در تعیین طراحی و مدیریت فرآیندهای NPD دارد. بین دسترسی دقیق اطلاعات برای تصمیم گیری در مورد طراحی و ریسک رابطه مستقیمی وجود دارد. طبق تحقیقات تجربی، میزان موفقیت پروژه های NPD هنوز پایین است. از این رو، اهمیت روزافزون شناسایی عدم قطعیت ها و مدیریت ریسک‌ها در پروژه‌های نوآوری فناورانه کاملا آشکار است.

در مورد نقش عدم اطمینان، مطالعات تجربی که قبلاً انجام شده دیدگاه‌های کاملاً متفاوتی را ارائه می دهد. برخی از محققان ادعا می کنند که وقتی عدم اطمینان وجود دارد، سطح بالایی از تعامل میان اجزای یک اکوسیستم مورد نیاز است [7]، در حالی که عکس این موضوع توسط دیگران مطرح شده است [8]، عدم اطمینان و خطرات ناشی از آن در محیط کسب و کار همیشه مانع فعالیت موفق و موثر سازمان ها شده است. علاوه بر این، نوآوری همیشه عدم اطمینان و ریسک‌های ذاتی NPD را در خود گنجانده است. اگرچه تکنیک ها و ابزارهای مدیریت ریسک موفقیت پروژه را بهبود می بخشند، اما به ندرت مورد استفاده قرار می گیرند[1]. در تعیین طراحی و مدیریت فرآیند NPD ، عدم اطمینان و ریسک‌های نوآوری نقش مهمی دارد. بعلاوه، خطر ایجاد دوباره کاری با استفاده از اطلاعات ناقص افزایش می یابد [9]. نگرانی‌ها و عدم قطعیت ها در مورد رشد فزاینده هزینه های تحقیق و توسعه توسط مدل کسب و کار جدید (مدل کسب و کار فناورانه)، یعنی برون سپاری نوآوری، برطرف شد. اگرچه در صرفه جویی در هزینه ها و تقسیم ریسک با شرکا یا فروشندگان می شود با مدیریت ریسک انتظار موفقیت بیشتری را در پروژه های نوآوری فناورانه در انقلاب صنعتی چهرام داشت، اما در روند نوآوری داخلی در شرکت‌ها ریسک و عدم اطمینان دارند [2].

این مطالعه با هدف شناسایی و اولویت بندی ریسک های کلیدی در فرآیندهای نوآوری در محصول یا توسعه محصول جدید، توسط یک روش جدید MCDM به نام روش بهترین و بدترین با در نظر گرفتن شاخصه‌های تکنولوژیکی و نوآورانه انقلاب صنعتی چهارم انجام شده است. شناسایی و اولویت بندی عدم قطعیت‌ها و ریسک‌های فناورانه در فرایندهای تولید محصول جدید، یک مسئله تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) است زیرا ارزیابی

گسترده ای از معیارها و ابعاد ریسک، از جمله مالی، دانش، مدیریت پروژه و ریسک های تکنولوژی باید در این فرآیند در نظر گرفته شود. بنابراین، پس از بررسی متون موجود و اسناد پروژه های نوآوری فناورانه از مطالعات موردی، ریسک های کلیدی استخراج شد. پس از آن، با استفاده از BWM، اهمیت ریسک‌های کلیدی در فرآیند نوآوری فناورانه محاسبه شد. مطالعه موردی این تحقیق ماهواره‌های توسعه محصول داده شده داخلی (در کشور ایران) بودند و در فرآیند این تحقیق، برخی از مدیران ارشد و مدیران پروژه های درگیر در پروژه های نوآوری های فناورانه بر اساس پرسشنامه طراحی شده مورد بررسی قرار گرفتند.

در ادامه روند ارائه این مقاله به شرح زیر است. بخش ۲ پیشینه تحقیق به شناسایی ریسک های فرآیند نوآوری فناورانه می پردازد. بخش ۳ روش تحقیق و توضیح فرآیند اجرای روش BWM را ارائه شده است و در نهایت در بخش آخر بحث نتیجه گیری و پیشنهادات ارائه شده است.

۲-پیشینه تحقیق

مفهوم industry 4 نخستین بار به هدف توسعه اقتصاد آلمان در سال ۲۰۱۱مطرح شد [11,10]. به گفته لوکاک، انقلاب اول صنعتی در اواخر قرن ۱۸ آغاز شد و نمود آن کارخانه های تولید مکانیکی بودند که بر مبنای قدرت آب و بخار کار می کردند انقلاب صنعتی دوم در ابتدای قرن بیستم آغاز شد و نماد آن تولید انبوه بر مبنای انرژی برق بود. انقلاب سوم در دهه ۷۰ آغاز شد و ویژگی آن تولید بر مبنای فناوری الکترونیک و اینترنت بود؛ و اکنون، انقلاب صنعتی چهارم، که آن را industry4 می نامند، در حال رخ دادن است و ویژگی آن تولید بر مبنای سیستم های سایبرفیزیکی بوده و مبتنی بر داده های ناهمگن و یکپارچگی دانش است. نقش اصلی سیستم های سایبرفیزیکی این است که الزامات پویا و چابکی مورد نیاز برای تولید را فراهم کنند و کارایی و اثربخشی کل صنعت را بالا ببرند[12].

هدف انقلاب صنعتی چهارم رسیدن به سطح بالاتری کارایی عملیاتی و بهره وری و همچنین، سطح بالاتری از اتوماسیون است. در دنیای امروز، چالش های صنعتی منتج از تحولات تکنولوژیک و اجتماعی، بنگاه‌های صنعتی را ناچار می سازد که چابکی و قدرت واکنش سریع خود را بهبود دهند تا بتوانند کل زنجیره تأمین خود را مدیریت کنند. بنابراین، شرکت ها به تکنولوژی های مجازی و فیزیکی ای نیاز دارند که قابلیت همکاری و انطباق سریع را برای کسب وکار ها و عملیات های آن ها فراهم می سازند. پیاده سازی استراتژی های انقلاب صنعتی چهارم، مستلزم تغییرات زیادی در شرکت هاست. طبق تحقیقات به عمل آمده، مدیران ارشد بسیاری از صنایع در مورد بروندادهای پروژه های انقلاب صنعتی چهارم و هزینه های سرمایه گذاری چندان مطمئن نیستند و برخی از آن ها دانش کافی را درباره مفهوم انقلاب صنعتی ندارند و توسعه تکنولوژی و نوآوری های فناورانه با ریسک بیشتری در این انقلاب صنعتی همراه هستند. از اینرو، مدل های آمادگی و بلوغ، دانش گسترده ای درباره وضعیت فعلی شرکت ها و روش هایی برای پیاده سازی استراتژی های انقلاب صنعتی چهارم فراهم می آورند [13].

ایجاد یک محصول جدید یا بهبود یک محصول موجود، با استفاده از منابع و توانایی های سازمان، فرایندی است که به عنوان توسعه محصول جدید (NPD) نامیده می شود. این یک فرایند اساسی برای اطمینان از موفقیت و بقای سازمان‌ها در بازارهای سریع و پر رقابت تلقی می شود [14]. تشخیص ریسک برای شناسایی عوامل خطر آفرین برای پروژه، که ممکن است موفقیت NPD ها را تهدید کند، انجام می شود. این عوامل را می توان با توجه به عوامل فنی، تجاری و سازمانی آنها طبقه بندی کرد. در فرآیندهای توسعه محصول جدید، ریسک‌ها، غیر منتظره هستند و تأثیر آنها ناشناخته است. سازمان قادر به مدیریت و کاهش موثر این خطرات نیستند، سرمایه گذاری بالایی برای توسعه نوآوری فناورانه لازم است و میزان موفقیت پروژه های آن پایین است. بنابراین، فرآیند NPD یک فرایند تصمیم گیری چند شاخصه دشوار، کلیدی و پیچیده از حیث مدیریت است [15].

هالمن و کیزر، روش جدیدی را برای تشخیص انواع ریسک‌ها در پروژه‌های حوزه نوآوری محصول به نام Risk Diagnosis & Management (RDM) معرفی کردند. RDM برای بهبود روش‌های موجود RM مانند تجزیه و تحلیل و سنتز مسئله، احتمال شکست پروژه و تحلیل اثر ریسک پیشنهاد شده است. خطرات فناورانه، تجاری و سازمانی شناسایی شده و برای تولید یک برنامه مدیریت ریسک، در یک تایپوگرافی ریسک نقشه برداری شده است. نویسندگان پیشنهاد می کنند، در پروژه های نوآورانه محصول و از نظر تکنولوژیکی پیچیده، RDM ابزاری ارزشمند برای شناسایی ریسک های حیاتی است. آنها نتیجه گرفتند که RDM می تواند در مراحل مختلف فرآیند نوآوری محصول اعمال شود[16].

اوگاوا و پیلر، با مدیران ارشد نرم افزار از فنلاند، هنگ کنگ و ایالات متحده مصاحبه کردند، در مورد یافتن عوامل ریسک آفرین به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین ریسک شامل ریسک‌ها و عدم قطعیت‌های مربوط به، عدم تعهد مدیریت عالی به پروژه توسعه محصول، عدم قطعیت در سفارش مشتری، ریسک های سازمانی و اجرا و مدیریت پروژه می باشد[17].

جرارد و همکاران، برای ارائه یک مطالعه موردی از Unilever، یکی از شرکت های پیشرو در جهان در بخش FMCG، که ازRDM برای شناسایی و ارزیابی ریسک‌های تکنولوژیکی، سازمانی و تجاری در نوآوری محصول پس از مواجهه با شکست چشمگیر در توسعه محصول جدید استفاده کرده اند. هدف RDM ارائه استراتژی هایی است که شانس موفقیت پروژه را افزایش می دهد. سه مرحله اصلی متوالی RDM شناسایی ریسک، ارزیابی ریسک و کنترل ریسک است. در پایان فرآیند، مرحله امکان سنجی قابل استفاده است و باید به مواردی مانند واکنش های رقبا و محیط رقابتی، پذیرش مصرف کننده و سایر کسب و کار ها، قابلیت ساخت، قابلیت تجاری و توسعه بازاریابی و فروشش و پیامدهای منابع انسانی مربوط است[18].

مطالعه انجام شده توسط راز و همکاران، در بین ۱۰۰ پروژه مختلف NPD نشان داد که اگرچه روش‌های مدیریت ریسک موثر به نظر می رسند، اما در جلوگیری از افزایش بودجه و طولانی شدن برنامه زمانی نوآوری فناورانه، خیلی کارا نبوده‌اند. علیرغم تأثیر قابل توجه مدیریت ریسک در موفقیت و عملکرد NPD، آن‌ها دریافتند که تعداد کمی از پروژه‌های NPD از هرگونه روش مدیریت ریسک استفاده می‌کنند. همچنین مشخص شد که حتی پروژه‌های با سطح کم عدم اطمینان و ریسک هم با شکست مواجه می‌شوند و دارای تاخیر هستند. تکنیک های مدیریت ریسک بیشتر در پروژه های پر ریسک و بسیار نامطمئن استفاده می شود. نویسندگان اظهار داشتند که روش‌های جدید مدیریت ریسک هنوز در حال ظهور و توسعه می‌باشند و آموزش بهتر، افزایش آگاهی، مطالعات اضافی و کاربرد بیشتر برای ترویج و تشویق استفاده از روش‌های مدیریت ریسک در پروژه‌ها لازم است[1].

کوپر، مزایای بالقوه سیستم‌های مدیریت دانش (KMS) را در کمک به کاهش ریسک بیان رد و اعلام کرد که KMS ممکن است ریسک های جدیدی را معرفی و شناسایی کند. در این مقاله به شکست هایی در استفاده از ابزارهای پشتیبانی NPD اشاره شده است[19].

در پروژه های پیشرفته مدیریت تکنولوژیک (های تک) بررسی‌هایی در یکی از بزرگترین سازمانهای هوافضا در جهان انجام شد که در آن ۱۱۷ عضو از هشت پروژه NPD مصاحبه شدند. بر خلاف روش‌های موجود شناسایی ریسک، این پروژه چشم انداز یکپارچه‌ای در مورد ریسک‌های تکنولوژیکی، تجاری و سازمانی فراهم می‌کند. مصاحبه‌ها برخی از ریسک‌هایی را به همراه داشت که هنوز در ادبیات موضوعی مدیریت ریسک شناسایی یا برجسته نشده بودند. علاوه برریسک‌های شناخته شده و مستند در مورد مدیریت سازمان و پروژه، نرخ پذیرش مصرف کننده، بازاریابی و ریسک رقبا، آنها دسته‌ای جدید و دقیق از ریسک‌های مربوط به تغییرات چرخه عمر سازمان، زنجیره تامین و تأمین منابع اولیه، فناوری محصول و تولید و مالی را به عنوان ریسک‌های جدید پروژه های نوآوری فناورانه بیان کردند[20].

کیزر و هالمن، هشت نمونه مطالعه پیرامون نوآوری بنیادی را در بخش FMCG چندین پروژه مختص به شرکت-های چند ملیتی در صنعت صوتی، تصویری و روشنایی انجام دادند؛ تا ریسک‌های مرتبط با پروژه های نوآوری رادیکال را شناسایی کنند و بدانند که چگونه می‌توان این ریسک‌ها را را به روشی جدید مفهوم سازی و اندازه گیری کرد. آنها ۱۲ گروه ریسک نوآوری بنیادی را شناسایی کردند، یعنی ریسک های مربوط به نام و خصوصیات تجاری محصول، فناوری محصول، فناوری تولید، مالکیت فکری، زنجیره تامین و مالی، نرخ پذیرش مصرف کننده و بازاریابی، مشتری حقوقی (کسب و کار ها)، رقبا ، مدیریت زمان، سازماندهی و مدیریت پروژه، استراتژی و سازمان را شناسایی کردند[3].

جرارد و همکاران، چرخه حیات توسعه محصول جدید (NPD) پنج شرکت کوچک خلاق را مطالعه کردند. از طریق این مطالعه، با انجام مصاحبه های نیمه ساختاریافته با پرسنل شرکت ها از جمله: مسئولان فنی و طراحی محصول جدید، طیف وسیعی از ریسک ها شناسایی شد. اگرچه همه شرکت‌ها برخی از معیارهای اصلی (به عنوان مثال ، طراحی یک جنبه اصلی فعالیت و اصلی برای NPD، اندازه محصول، مکان، نوآوری تدریجی و غیره) را دارند، اما آنها در ریسک های درک شده مشترک نیستند، که این مورد نشان دهنده ماهیت فردی درک ریسک است. این مطالعه، علی رغم عدم اشتراک بین ریسک های درک شده توسط تیم پروژه، هشت حوزه ریسک اصلی شامل ریسک کسب و کار، ریسک مقررات نظارتی(قانونی و سیاستی)، ریسک سازمانی، ریسک بازار، ریسک مالی، ریسک فنی، ریسک مالکیت معنوی و ریسک پروژه را تشخیص دادند[18].

بسیاری از شرکت‌ها برای بدست آوردن و حفظ مزیت رقابتی خود دست به نوآوری بنیادی می‌زنند [21]. اگرچه نوآوری‌های بنیادی درآمد بالایی برای صنایع های تک ایجاد می کنند، اما بسیار نامطمئن (از لحاظ ریسک) و با هزینه های بیشتر و با نرخ شکست بیشتر نسبت به صنایع دیگر هستند. کیزر و هالمن، انواع ریسک های مرتبط با پروژه های نوآوری بنیادی را بررسی کردند. با مصاحبه با ۳۲ مدیر ارشد مسئول هشت پروژه نوآوری بنیادی در یک سازمان های تک، آنها دو طبقه بندی اصلی از ریسک ها را شناسایی کردند. که به عنوان ریسک های ساختاری یا بدون ابهام و ریسک های اتفاقی یا مبهم شناخته می شوند. ریسک بدون ابهام ریسکی بود که امتیازات بالایی را از مدیران ارشد کسب کرد و برعکس، ریسک مبهم ریسکی بود که پاسخ دهندگان درباره شدت آنها به توافق نرسیدند. عملکرد محصول جدید با توجه به مشخصات، نرخ پذیرش محصول جدید توسط مصرف کنندگان و میزان قابلیت اطمینان تأمین کنندگان سه ریسک اصلی مرتبط با ریسک های بدون ابهام یا ساختاری بودند. از طرف دیگر، ریسک مبهم مربوط به موارد داخلی سازمان و مدیریت پروژه بودند. نویسندگان اظهار داشتند که ریسک های بدون ابهام همیشه در دستور کار تیم پروژه می باشند و کنترل می گردند، اما موارد مبهم اغلب نادیده گرفته می شوند و عاملی برای شکست پروژه های نوآوری فناورانه در صنایع های تک می باشند[22].

مو و همکاران، با استفاده از داده های شرکت های چینی به طور تجربی آزمایش کردند که آیا مدیریت ریسک بر نوآوری فناورانه در صنایع‌های تک تأثیر می گذارد یا خیر. یافته ها نشان داد که مدیریت ریسک با هدف قرار دادن فاکتورهای ریسک فناوری، سازمانی یا بازاریابی، به صورت جداگانه و تعاملی، بر عملکرد نوآوری فناورانه تأثیر می گذارند و با عملکرد محصول ارتباط مستقیم دارند. این نشان می دهد که علی رغم حضور در بازار بی ثبات، شرکت ها می توانند ریسک های تکنولوژیکی را مدیریت کنند و بر اساس دانش انباشته (مدیریت دانش سازمانی) از عوامل ریسک های سازمانی و بازاریابی، می توانند به این ریسک ها و تاثیرات آن پاسخ دهند و آنها را کاهش دهند. با استفاده از استراتژی های مناسب مدیریت ریسک، احتمال موفقیت NPD به طور قابل توجهی بهبود می یابد[23].

چوی و آن، از نظریه فازی و فرآیندهای مارکوف برای ارائه مدل تجزیه و تحلیل ریسک، مبتنی بر مهندسی همزمان (CE) ، برای تجزیه و تحلیل تأثیر عوامل ریسک تولید محصول و اندازه گیری تعداد وقوع ریسک استفاده کردند. از فلسفه CE برای ایجاد میزان موفقیت NPD با هدف ایجاد همکاری بین بخش‌های مرتبط با نوآوری فناورانه و در نتیجه کاهش تأثیر عوامل ریسک استفاده می شود. اگرچه نویسندگان بیش از ۲۰۰ عامل ریسک و عدم قطعیت را

شناسایی کرده اند، اما پس بررسی های فراوان، آنها طبقه بندی عوامل ریسک را بر اساس انواع آنها که عبارتند از ریسک های مربوط به مدیریت پروژه، بازاریابی، امور مالی، تولید، منابع اولیه و زیرساختارها، تأمین کنندگان و فناوری معرفی کرده اند[15].

پارک (۲۰۱۰) فرایندهای مدیریت ریسک و عملکرد ریسک را در NPD تجزیه و تحلیل کرد و یک چارچوب مفهومی برای انجام اقدامات مربوط به شناسایی و کنترل ریسک و مدیریت ریسک پیشنهاد داد. این مطالعه در مورد زمان مدیریت ریسک و اقدامات لازم و اهمیت آن می باشد. دو دسته ریسک وجود دارد که براساس بررسی ادبیات نوآوری فناورانه شناخته می شود، که به عنوان ریسک داخلی و خارجی شناسایی شده است. ریسک داخلی به عنوان ریسک های سازمانی ، فناوری و عملیاتی و ریسک خارجی به عنوان ریسک های بازار و تأمین کننده طبقه بندی می شوند[24].

اتحاد استراتژیک فناورانه برای توسعه محصولات جدید در بسیاری از شرکت ها استفاده می شود. با این حال، بسیاری از آنها شکست می خورند. مطالعه انجام شده توسط لی و جانسون، بیان می کند که چگونه انواع ریسک ذاتی در NPD بر نرخ موفقیت اتحاد استراتژیک فناورانه تأثیر می گذارد. نویسندگان از اطلاعات جمع آوری شده از ۱۲۸ شرکت که به اتحاد استراتژیک پرداخته اند دریافتند که تأثیر منفی ریسک بر موفقیت اتحاد را می توان با مکانیسم‌های مختلف تعامل بین ارزیابی ریسک و مدیریت پروژه های فناوری نوآورانه کاهش داد. با مرور اتحادهای استراتژیک موجود و ادبیات NPD ، انواع اصلی ریسک ذاتی در NPD ها مربوط به ریسک عملکرد تکنولوژیک، ریسک دانش و ریسک مدیریت می شود[25] .

اهمن و سرینگ، استدلال کردند که پروژه های نوآوری فناورانه به دلیل عدم اطمینان موجود در فرآیند آن با مانع در موفقیت مواجه می شوند و فرایندهای NPD های موجود، کاهش ریسک را به عنوان یک اولویت در نظر نمی‌گیرند. آنها مفهوم طراحی مبتنی بر ریسک را ارائه دادند. هدف طراحی مبتنی بر ریسک مدیریت ریسک ها، عدم قطعیت ها و تأثیرات آنها و ایجاد یک سیستم نوآوری فناورانه است که می تواند عدم قطعیت ها و ریسک ها را شناسایی کند. موفقیت پروژه های نوآوری فناورانه بر چهار اصل متکی است که ایجاد شفافیت در مورد ریسک طراحی، تصمیم گیری های مبتنی بر ریسک، به حداقل رساندن عدم اطمینان در طراحی و ایجاد انعطاف پذیری در سیستم طراحی را شامل می شود[26].

چو و چو، در مطالعه خود در زمینه برون سپاری نوآوری و موضوعات مربوط به آن از جمله عدم اطمینان، ریسک‌ها، مشکلات کیفیت و بهره‌وری پروژه‌های نوآوری فناورانه، اظهار داشتند که در برون سپاری نوآوری، عوامل ریسک در هر دو جنبه یعنی نوآوری و برون سپاری را باید مورد توجه قرار گیرند. آنها ریسک‌های مربوط به حوزه فناوری، بازار، محیط کسب و کار، روند تحقیق و توسعه، اندازه پروژه و مدیریت پروژه، تجارت و بازاریابی، منابع انسانی و زنجیره تامین برون سپاری را شناسایی و برجسته کردند[2].

با بررسی‌های انجام شده از ادبیات موضوعی تحقیق، ۹ ریسک پرتکرار و کلیدی استخراج شده است که در جدول ۱ نمایش داده شده است:

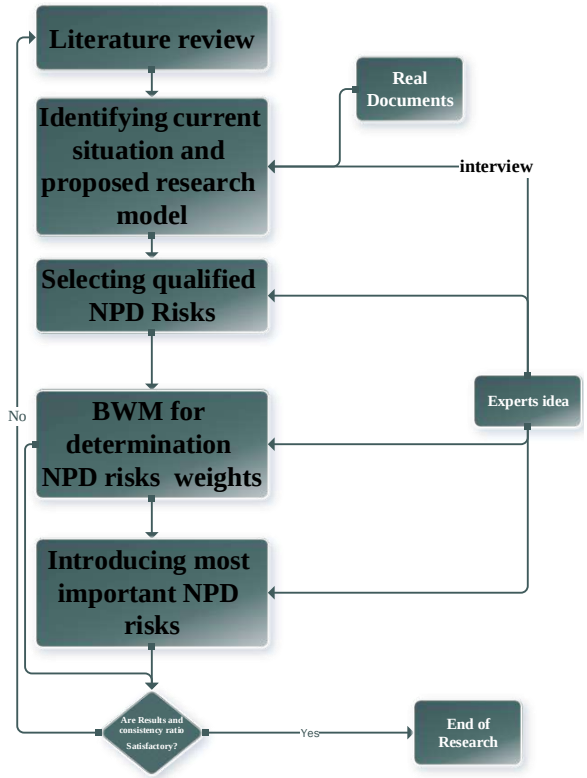
جدول ۱ـ انواع ریسک‌های پرتکرار و کلیدی

Financial risk(FR)-ریسک مالی	[35,34,33,32,31,30,29,28,27]
Intellectual property risk(IPR)-ریسک مالکیت فکری	
Knowledge risk(KR)- ریسک دانش	
Project management risk(PMR)-ریسک مدیریت پروژه	
Market risk(MR)-ریسک بازار	
Organization risk(OR)-ریسک سازمان	
Schedule risk(SCR)-ریسک برنامه	
Supplier risk(SR)-ریسک تامین کنندگان	
Technical risk(TIR)- ریسک فنی	
Technology risk(TOR)-ریسک تکنولوژی یا فناوری	

۳- مدل MCDM برای اولویت بندی ریسک های نوآوری فناورانه در انقلاب صنعتی چهارم

در این بخش ، یک مدل جدید MCDM مبتنی بر BWM ارائه شده است که به بحث شناسایی و اولویت بندی ریسک های فرآیند نوآوری فناورانه (توسعه محصول جدید) می پردازد. نمودار جریان مدل ترکیبی MCDM پیشنهادی در شکل ۱ نشان داده شده است.

شکل ۱ـ نمودار مدل پیشنهادی MCDM



۳-۱ روش بهترین ـ بدترین

BWM یک روش MCDM مبتنی بر مقایسه است که بهترین معیار را با سایر معیارها و سایر معیارها را با بدترین معیار مقایسه می کند. هدف این است که از طریق یک مدل ساده بهینه سازی خطی ساخته شده مبتنی بر سیستم مقایسه، وزن و نسبت مطلوب معیارها (ریسک‌ها) را پیدا کنیم [37,36].
در زیر شرح مراحل BWM برای استخراج وزن معیارها آورده شده است [39,38].

مجموعه معیارهای تصمیم گیری $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$توسط تصمیم گیرندگان را تعیین می شود.

بهترین و بدترین معیارها توسط خبرگان برای تصمیم گیری تعیین می شود:

در این مرحله ، تصمیم گیرندگان بهترین و بدترین معیار را از بین معیارهای مشخص شده در مرحله ۱ از دیدگاه خود انتخاب می کنند. بهترین معیار مهم‌ترین معیار را نشان می دهد و بدترین معیار کمترین ارزش را به عنوان ریسک دارد. برای انتخاب فاصله سایر معیار ها نسبت به معیار بهترین یا معیار بدترین، نمامی معیار های دیگر دو به دو با بهترین معیار و بدترین معیار این مقایسه می شوند به این صورت که عددی بین ۱ تا ۹ (۱: به همان اندازه مهم، ۹: بسیار مهم تر) برای مقایسه میان معیار ها با معیار منتخب استفاده می شود. بردار بهترین از دیگران به عنوان $A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$ حاصل می‌شود. جایی که a_{Bj} نشانگر اولویت معیارهای B (بهترین معیار) نسبت به معیارهای j و $a_{BB} = 1$ است.

وزن‌های مطلوب با توجه به ارزیابی ریسک ها نسبت به هم در مرحله قبل مشخص می شود: $w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*$

حل مسئله (۱) در این مرحله منجر به شناسایی وزن مناسب برای معیارها می شود. برای تعیین وزن بهینه معیارها، حداکثر اختلافات مطلق $\{|w_B - a_{Bj}w_j|, |w_j - a_{jw}w_w|\}$ برای همه j باید به حداقل برسد.

$$\min \max_j \left\{\left|\frac{w_B}{w_j} - a_{Bj}\right|, \left|\frac{w_j}{w_w} - a_{jw}\right|\right\}$$
$$\text{s.t.} \quad \sum_j w_j = 1, \quad w_j \geq 0, \text{ for all } j \tag{1}$$

مدل حاصل شده را می توان با استفاده از روش فرمول بندی شده برنامه ریزی خطی (۲) حل کرد (رضایی ، ۲۰۱۶):

$$\min \xi$$
$$\text{s.t.}$$
$$|w_B - a_{Bj}w_j| \leq \xi, \text{ for all } j$$
$$|w_j - a_{jw}w_w| \leq \xi, \text{ for all } j \tag{2}$$
$$\sum_j w_j = 1$$
$$w_j \geq 0, \text{ for all } j$$

با حل این مسئله، وزنهای مطلوب $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$ و مقدار مطلوب ξ^* بدست می آید. در مدل خطی، ξ^* به عنوان نسبت سازگاری سیستم مقایسه این برنامه ریزی خطی تعریف شده است. این بدان معناست که هرچه ξ^* به یک مقدار صفر نزدیکتر باشد، سیستم مقایسه ارائه شده توسط تصمیم گیرندگان سازگارتر خواهد بود. فرمول (۳) برای بررسی سازگاری مقایسه‌ها استفاده شده است[40]:

$$Consistency\ Ratio = \frac{\xi^*}{Consistency\ Index} \tag{3}$$

نرخ سازگاری شاخص‌ها را می‌توان در جدول ۲ مشاهده کرد. هر چه نسبت سازگاری شاخص پایین تر باشد، قابلیت اطمینان مقایسه‌ها بالاتر است:

جدول ۲ـ جدول سازگاری شاخص ها(ریسک ها)

a_{BW}	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Consistency index	0.00	0.44	1.00	1.63	2.30	3.00	3.73	4.47	5.23

۳-۲ـ مطالعه موردی

در این تحقیق، یک مطالعه تجربی انجام شده در صنعت ساخت ماهواره‌های بومی (های تک) برای نشان دادن کاربرد مدل تصمیم گیری پیشنهادی ارائه شده است. تقریباً بیش از ۲ دهه از تأسیس توسعه دورنزا ماهواره ها (توسعه محصول جدید) می گذرد. رشد این صنعت با بهره برداری از محصولات تولیدی سایر کشور های پیشروآغاز شد. چندین ماهواره توسعه محصول داده شده بومی شناسایی و ارزیابی توانمندی شد و با متخصصان تیم توسعه محصول جدید یا نوآوری فنارانه آن ماهواره ها مصاحبه های انجام شد و در نهایت کمیته‌ای ایجاد شد که از طریق بررسی ادبیات و براساس نظرات متخصصان، سرانجام ۱۰ معیار ریسک های NPD یا نوآوری فناورانه در این صنعت‌های تک شناسایی و به عنوان ریسک‌های کلان شناسایی شد. که خبرگان صنعت و متخصصان دانشگاهی آن‌ها را با استفاده از روش بهترین ـ بدترین اولویت بندی نمودند.

۳ـ۳ـ تعیین معیارهای تعیین شده

براساس یک بررسی گسترده از ادبیات ریسک‌های NPD و نوآوری فناورانه، ده معیار ارزیابی تعیین شد. با توجه به پروژه‌های انجام شده در حوزه نوآوری فناورانه و توسعه محصول ماهواره‌های جدید در ایران، نمی توان این برداشت را داشت که همه معیارهای شناسایی شده از اهمیت یکسانی برخوردار بودند. در این مطالعه، همانطور که قبلاً ذکر شد، از روش BWM (رضایی، ۲۰۱۵) برای تعیین وزن معیارهای تصمیم گیری استفاده شده است.

۳ـ۴ـ تعیین بهترین و بدترین معیارها

مرحله دوم در BWM تعیین بهترین و بدترین معیارها است. بهترین معیار همان معیار مشخص شده توسط هر پاسخ دهنده به عنوان مهم‌ترین معیار است، در حالی که بدترین معیار همان شاخصی است که براساس نظر هر متخصص کمترین اهمیت را دارد. خبرگان این مقاله ریسک فناوری (TOR) را به عنوان بهترین یا مهم‌ترین ریسک و ریسک مالکیت معنوی (IPR)را به عنوان بدترین یا کم اهمیت‌ترین ریسک انتخاب کردند.

۳ـ۵ـ تعیین اولویت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها

این مرحله شامل شناسایی ترجیحات بهترین معیار نسبت به سایر معیارها است. این داده ها با استفاده از پرسشنامه ویژه BWM بدست آمده است. از متخصصان صنعتی و خبرگان دانشگاهی، خواسته می‌شود بهترین معیار انتخاب شده خود را با هر یک از معیارهای دیگر مقایسه کرده و ترجیح خود را با استفاده از مقداری بین ۱ و ۹ بیان کنند. نمره ۱ به معنای اهمیت برابر بهترین معیار یا مهمترین معیار با سایر معیارها است. نمره ۹ نشان می دهد مهم-ترین معیار نسبت به معیارهای دیگر بسیار ترجیح داده می‌شود. سپس با محاسبه میانگین پرسشنامه‌های خبرگان، از

بردار حاصل شده و وزن مربوط به آن، میانگین امتیازات معیارها به بهترین معیار انتخاب شده توسط خبرگان (TOR)، جدول ۳ استخراج شده است.

جدول ۳ـ بردار ارزیابی بهترین معیار

Best criterion	(FR)	(IPR)	(KR)	(PMR)	(MR)	(OR)	(SCR)	(SR)	(TIR)	(TOR)
(TOR)	3.8	8.4	7.4	5.8	4.6	3.8	6.2	6.5	4.6	1

۳-۳ تعیین اولویت همه معیارها بر بدترین معیار

این مرحله مانند مرحله قبل است، اما در این مرحله از خبرگان خواسته شده که ترجیحات خود را برای سایر معیارها نسبت به بدترین یا بی اهمیت‌ترین معیار بیان کنند. به همین ترتیب، مانند در مرحله قبل، ترجیحات معیارها نسبت به بدترین معیار از مقداری بین ۱ تا ۹ استفاده می شود. سپس با محاسبه میانگین امتیازات پرسشنامه‌های خبره، بردار میانگین امتیازهای جمع آوری شده در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴ـ بردار ارزیابی بدترین معیار

Worst criterion	**(IPR)**
(FR)	7.4
(IPR)	1
(KR)	5
(PMR)	5.3
(MR)	6.2
(OR)	7.2
(SCR)	5.9
(SR)	5.3
(TIR)	5.1
(TOR)	8.4

۴-۳ تعیین وزن ریسک‌ها

وزن ریسک‌ها با مدل خطی BWM تعیین می شود. با حل این مدل خطی از طریق نرم افزار Lingo 11، می توان مقادیر بهینه شده وزن و ξ^* را به دست آورد. نتایج در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵ـ وزن‌های ریسک‌های نوآوری فناورانه

Criteria	**Weight**
(FR)	0.1595614
(IPR)	0.03969924
(KR)	0.081936924
(PMR)	0.1045402

Criteria	Weight
(MR)	0.1318116
(OR)	0.1595614
(SCR)	0.09779568
(SR)	0.09328204
(TIR)	0.1318116
(TOR)	0.4699034
ξ^*	0.1364298
Consistency Ratio	0.028577

همانطور که از نتایج قابل مشاهده است، با توجه به نظرات خبرگان صنعت، ریسک فناوری TOR، ریسک سازمان OR و ریسک مالی FR مهمترین ریسک های نوآوری فناورانه ماهواره ها هستند و ریسک مالکیت معنوی IPR ریسک تأمین کننده SR و ریسک برنامه ریزی SCR به ترتیب کم اهمیت ترین و کم اثر ترین ریسک‌ها هستند.

۴- بحث و نتیجه گیری

دنیای پویا و رقابتی امروز تجارت درانقلاب صنعتی چهارم، نوآوری را به موضوعی مهم تبدیل کرده است. نوآوری می تواند به سازمان‌های تولیدکننده محصول کمک کند تا در محیط رقابتی انقلاب صنعتی چهارم، بقا داشته باشند و از مزیت های رقابتی برخوردار شوند. اهمیت توسعه محصول جدید و نقش اصلی آن در بقای هر سازمانی به طور گسترده در ادبیات موضوعی مدیریت نوآوری اذعان شده است. اولریش، اشاره می کند که روند توسعه فناورانه می تواند از دریچه سیستم مدیریت ریسک دیده شود. در طی مراحل شروع فرآیند نوآوری فناورانه، ریسک ها و عدم قطعیت های پروژه شناسایی و اولویت بندی می شوند. سپس با مدیریت ریسک، همزمان با پیشرفت فرآیند نوآوری فناورانه ریسک ها کاهش یافته و عدم قطعیت های عمده برطرف شده و عملکردهای محصول جدید تأیید می شوند[41]. بنابراین، یک روش اولویت بندی مناسب و ساده برای تعیین مهم‌ترین ریسک های نوآوری فناورانه و توسعه محصول جدید، روش BWM ساختار یافته است. سپس، یک مطالعه موردی واقعی برای نشان دادن کاربرد و عملکرد روش ارائه شده است. ابتدا بر اساس نظرات خبرگان این حوزه، کلیه ریسک‌های ادبیات موضوعی و ریسک‌های تاثیر گذار شناسایی شده است. علاوه بر این، BWM برای اولویت بندی اهمیت ریسک‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت. سرانجام، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد ریسک فناوری (TOR) ، ریسک سازمانی (OR) و ریسک‌های مالی (FR) را به عنوان مهم‌ترین ریسک های نوآوری فناورانه یا توسعه محصول جدید شناسایی می کند. در ادبیات موجود، ریسک بازار (MR)به عنوان یکی از مهم‌ترین ریسک های نوآوری فناورانه تصدیق شده است. با این حال، مطالعه انجام شده با وجه به ماهیت و ویژگی های منحصر به فرد ماهواره به عنوان یک تکنولوژی پیشرفته در صنایع های‌تک، چیز دیگری را نشان می دهد. با توجه به تقاضای بسیار محدود این تکنولوژی در ایران که برای مثال فقط دولت مشتری اصلی این تکنولوژی می باشد، ریسک بازار برای این نوع فناوری خیلی پراهمیت نمی باشد. اما یکی دیگر از ریسک‌ها، ریسک سازمانی بود. کمبود متخصص و طراح ماهواره در داخل کشور، باعث بروز عدم اطمینان در طراحی می شود. وجود طراحان و متخصصان طراحی باعث افزایش سطح کیفیت و استاندارد مورد نیاز این فناوری های‌تک می شود. از آنجا که هزینه های بالای طراحی، تولید و جذب متخصصان همیشه یکی از نگرانی های اصلی تیم های توسعه محصول جدید و نوآوری فناورانه بوده است، ریسک مالی (FR) به عنوان یکی از مهم‌ترین ریسک‌ها در نظر گرفته شده است. از طرف

دیگر، یکی از کم اهمیت ترین ریسک های شناسایی شده NPD در پروژه نوآوری فناورانه ماهواره جدید، ریسکر تأمین کننده (SR) ریسک برنامه‌ریزی (SCR) و ریسک مالکیت معنوی (IPR) بودند. تأمین کنندگان این فناوری، عمدتا واحدهای غیر تجاری و دانش بنیان در حوزه هوافضا هستند. بنابراین، از مراحل اولیه برنامه ریزی تا مرحله تولید، تهیه قطعات و مواد از طریق هماهنگی مدیران پروژه انجام شده بود. ریسک تأمین کننده تنها زمانی مشهود بود که فناوری تولید اجزا یا مواد در دسترس تأمین کنندگان نباشد که در مورد کیس حاضر، چنین مشکلی ایجاد نشده بود. از آنجا که تیم پروژه نوآوری فناورانه از این واقعیت آگاه بود که فاز توسعه محصول زمانبر است، برنامه پروژه با انعطاف پذیری بالایی طراحی و برنامه ریزی شد، زیرا تولید با اطمینان بالای محصول نهایی مهم‌تر از رسیدن به اهداف برنامه‌ریزی بود. با این حال، بسیاری از سازمان‌های بین‌المللی، ریسک مالکیت معنوی (IPR) به عنوان یکی از مهم‌ترین ریسک در نظر گرفته اند، اما این مورد در پروژه توسعه ماهواره جدید وجود نداشت نبود رقابت داخلی به علت خصوصیان ویژه فناوری ماهواره ها باعث شده که ریسک مالکیت معنوی در این پروژه نوآوری فناورانه پر اهمیت نباشد.

مشابه سایر مطالعات، این مطالعه محدودیت‌هایی نیز دارد. در این مقاله، ریسک نوآوری در محصول یا NPD در تکنولوژی ماهواره مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که ابعاد فنی بسیار پیچیده‌ای داشت، اما چارچوب ریسک‌های اولویت بندی شده به منظور قابلیت تعمیم‌پذیری در صنعت، بهتر است برای سایر صنایع مشابه مانند صنعت خودرو سازی و کشتی سازی نیز آزمون شود. همچنین، وجود تعدادکم پروژه های نوآوری در محصول جدید ماهواره و متخصصان این حوزه در ایران، باعث محدودیت محققان در رابطه با بررسی مبسوط اطلاعات و داده های مورد مطالعه شده بود. پیشنهاد می‌شود، در آینده، محققان بر موضوع مدیریت ریسک‌های فرآیند نوآوری فناورانه و توسعه محصول جدید در صنایع های‌تک بپردازند.

مراجع :

[1] Raz, T., Shenhar, A. J., & Dvir, D. (2002). Risk management, project success, and technological uncertainty. R&*D Management*, 32(2), 101-109.

[2] Chou, D. C., & Chou, A. Y. (2011). Innovation outsourcing: Risks and quality issues. *Computer Standards & Interfaces*, *33*(3), 350-356.

[3] Keizer, J. A., & Halman, J. I. (2007). Diagnosing risk in radical innovation projects. Research-Technology Management, 50(5), 30-36.

[4] Keizer, J. A., Vos, J. P., & Halman, J. I. (2005). Risks in new product development: devising a reference tool. *R&D Management*, 35(3), 297-309.

[5] Barclay, I., Holroyd, P., & Poolton, J. (1994). A sphenomorphic model for the management of innovation in a complex environment. Leadership & Organization Development Journal, 15(7), 33-44.

[6] Crealey, M. (2003). Applying new product development models to the performing arts: strategies for managing risk. *International Journal of Arts Management*, 24-33.

[7] Bhuiyan, N., Gerwin, D., & Thomson, V. (2004). Simulation of the new product development process for performance improvement. *Management science*, *50*(12), 1690-1703.

[8] Souder, W. E., Sherman, J. D., & Davies-Cooper, R. (1998). Environmental uncertainty, organizational integration, and new product development effectiveness: a test of contingency theory. *Journal of Product Innovation Management*, 15(6), 520-533.

[9] Bhuiyan, N., & Thomson, V. (2010). A framework for NPD processes under uncertainty. *Engineering Management Journal*, 22(2), 27-35.

[10] Vogel.B., Heuser . D., Hess (2016)." Guest Editorial Industry 4.0–Prerequisites and visions, IEEE Trans. Autom. Sci. Eng. 13 (2) , 411–413.

[11] Roblek .V, Meško . M, Krapež. A.(2016)." A Complex View of Industry 4.0, SAGE Open 6 (2), 2158244016653987 .

[12] Lukac. c .(2015). The Fourth ICT-based Industrial Revolution" Industry 4.0" HMI and the Case of CAE/CAD Innovation with EPLAN P8, in:3rd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR), IEEE, pp. 835–838 .

[13] Thames , L., Schaefer, D.(2016)." Software-Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0, Procedia CIRP 52 , 12–17 .
[14] Brown, S. L., & Eisenhardt, K. M. (1995). Product development: Past research, present findings, and future directions. *Academy of management review*, *20*(2), 343-378.
[15] Choi, H. G., & Ahn, J. (2010). Risk analysis models and risk degree determination in new product development: A case study. *Journal of Engineering and Technology Management*, *27*(1), 110-124.
[16] Halman, J. I. M., & Keizer, J. A. (1994). Diagnosing risks in product-innovation projects. *International Journal of Project Management*, *12*(2), 75-80.
[17] Ogawa, S., & Piller, F. T. (2006). Reducing the risks of new product development. *MIT Sloan management review*, 47(2), 65.
[18] Jerrard, R. N., Barnes, N., & Reid, A. (2008). Design, risk and new product development in five small creative companies. *International Journal of Design*, *2*(1).
[19] Cooper, L. P. (2003). A research agenda to reduce risk in new product development through knowledge management: a practitioner perspective. *Journal of Engineering and Technology Management*, *20*(1), 117-140.
[20] Hulbert, M. H., Feely, L. C., Inman, E. L., Johnson, A. D., Kearney, A. S., Michaels, J., ... & Zour, E. (2008). Risk management in the pharmaceutical product development process. *Journal of Pharmaceutical Innovation*, *3*(4), 227-248.
[21] Thieme, R. J., Song, M., & Calantone, R. J. (2000). Artificial neural network decision support systems for new product development project selection. *Journal of Marketing research*, 37(4), 499-507.
[22] Keizer, J. A., & Halman, J. I. (2009). Risks in major innovation projects, a multiple case study within a world's leading company in the fast moving consumer goods. *International Journal of Technology Management*, 48(4), 499-517.
[23] Mu, J., Peng, G., & MacLachlan, D. L. (2009). Effect of risk management strategy on NPD performance. *Technovation*, 29(3), 170-180.
[24] Park, Y. H. (2010). A study of risk management and performance measures on new product development. *Asian Journal on Quality*, 11(1), 39-48.
[25] Lee, R. P., & Johnson, J. L. (2010). Managing multiple facets of risk in new product alliances. *Decision Sciences*, 41(2), 271-300.
[26] Oehmen, J., & Seering, W. (2011). Risk-Driven Design Processes: Balancing Efficiency with Resilience in Product Design. In *The Future of Design Methodology* (pp. 47-54). Springer London.
[27] Bruce, M., Leverick, F., Littler, D., & Wilson, D. (1995). Success factors for collaborative product development: a study of suppliers of information and communication technology. *R&D Management*, *25*(1), 33-44.
[28] Callahan, J., & Lasry, E. (2004). The importance of customer input in the development of very new products. *R&D Management*, *34*(2), 107-120.
[29] Coppendale, J. (1995). Manage risk in product and process development and avoid unpleasant surprises. *Engineering Management Journal*, *5*(1), 35-38.
[30] Dewi, D. S., Syairudin, B., & Nikmah, E. N. (2015). Risk Management in New Product Development Process for Fashion Industry: Case Study in Hijab Industry. *Procedia Manufacturing*, *4*, 383-391.
[31] Enkel, E., Kausch, C., & Gassmann, O. (2005). Managing the risk of customer integration. *European Management Journal*, *23*(2), 203-213.
[32] Wang, J., Lin, W., & Huang, Y. H. (2010). A performance-oriented risk management framework for innovative R&D projects. *Technovation*, 30(11), 601-611.
[33] Wu, D. D., Kefan, X., Gang, C., & Ping, G. (2010). A risk analysis model in concurrent engineering product development. *Risk Analysis*, 30(9), 1440-1453.
[34] Zhao, Y., & Cao, H. (2015). Risk management on joint product development with power asymmetry between supplier and manufacturer. International Journal of Project Management, 33(8), 1812-1826.
[35] Khan, O., Christopher, M., & Burnes, B. (2008). The impact of product design on supply chain risk: a case study. International *Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(5), 412-432.
[36] Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, 64, 126-130.

[37] Nafari, J., Arab, A., & Ghaffari, S. (2017). Through the Looking Glass: Analysis of Factors Influencing Iranian Student's Study Abroad Motivations and Destination Choice. SAGE Open, 7(2), 2158244017716711.
[38] Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49-57.
[39] Ghaffari, S., Arab, A., Nafari, J., & Manteghi, M. (2017). Investigation and evaluation of key success factors in technological innovation development based on BWM. *Decision Science Letters*, *6*(3), 295-306.
[40] Rezaei, J., Nispeling, T., Sarkis, J., & Tavasszy, L. (2016). A supplier selection life cycle approach integrating traditional and environmental criteria using the best worst method. *Journal of Cleaner Production*, 135, 577-588.
[41] Ulrich, K. T. (2003). *Product design and development*. Tata McGraw-Hill Education.