مدیریت تولید و عملیات، دوره هفتم، پیاپی(۱۲)، شماره (۱)، بهار و تابستان ۱۳۹۵
دریافت: ۹۰/٦/۵ پذیرش: ۹۲/٤/۸
صص: ٤۸- ۲۳

ارزیابی استراتژیک سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر در یک شرکت لوازم خانگی

علی خاتمی فیروزآبادی[۱*]، علی کهتری[۲]، علی اخگری[۲]

۱- دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

چکیده

امروزه بسیاری از شرکت‌های تولیدی با توجه به تغییرات مداوم در بازارهای کسب و کار، در راستای پوشش تقاضا، افزایش کیفیت و کاهش هزینه‌ها رقابت می‌کنند. از این‌رو، انتخاب فناوری پیشرفته مناسب، فرایندی بسیار مهم برای سازمان‌های تولیدی به حساب می‌آید. هدف این پژوهش ارزیابی سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر[۱] (FMS) در یکی از شرکت‌های تولید لوازم خانگی در ایران است. در این مقاله، ارزیابی به‌صورت مساله تصمیم‌گیری چندمعیاره[۲] (MADM) برای رتبه بندی گزینه های تحقیق شامل انعطاف‌پذیری در حجم تولید، تنوع محصول، فرایند تولید، انتقال مواد و حفظ وضع موجود درنظر گرفته می‌شود. بدین منظور از روش‌های تصمیم‌گیری تحلیل سلسله مراتبی[۳]، ساو[۴]، تاپسیس[۵]، اسمارتر[۶] و پرموتاسیون[۷] استفاده می‌شود. در انتها برای ترکیب بهینه نتایج تکنیک‌ها، با استفاده از روش‌های ادغام شامل میانگین رتبه‌ها[۸]، بردا[۹] و کپ لند[۱۰] رتبه‌بندی نهایی به دست می‌آید. نتایج حاکی از آن است که گزینه FMS با رویکرد انعطاف‌پذیری در انتقال مواد برای این شرکت مناسب است. همچنین، نتایج به دست آمده با نظر و انتظار مدیران شرکت مزبور توافق خوبی نشان داده است.

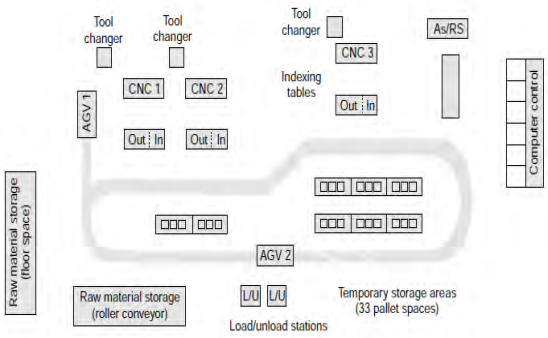
واژه‌های کلیدی: ارزیابی، تصمیم‌گیری چند معیاره، سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر.

*نویسنده مسئوول: a.khatami@atu.ac.ir

۱- مقدمه

با گذشت زمان به دلیل تغییرپذیری زیاد بازارهای کسب وکار، تنوع طلبی مشتریان در تقاضاهای خود و از مدافتادگی سریع محصولات، تولیدکنندگان به این نتیجه رسیدند که با سیستم‌های تولید انبوه قادر به رقابت در این محیط‌های انعطاف‌پذیر نیستند. عموما رویکردهایی که برای تداوم سودآوری شرکت‌ها در این شرایط استفاده می‌شد براساس تولید محصولات جدید یا ارتقای محصولات فعلی بود که در هر دو مورد، نیازمند سیستم‌های تولیدی بودند که با تکیه بر انعطاف پذیری خود، تقاضاهای متنوع بازار با دوره‌های زمانی کوتاه عمر محصول و تقاضاهای غیرقطعی مشتریان را با کیفیت بالا برآورده سازد. بنابراین مفهوم تولید انعطاف‌پذیر از سه دهه پیش به‌عنوان یک پاسخ عمومی برای این نوع تقاضا بوجود آمد. مطابق شکل(۱)، سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر معمولا از سه بخش اصلی تشکیل شده‌اند، بطوری‌که چندین ماشین NC یا CNC[۱۱] به عنوان ایستگاه‌های کاری به وسیله سیستم حمل‌ونقل اتوماتیک مانند ماشین نقلیه خودکار، روبات حمل مواد یا روبات جرثقیلی به هم متصل شده و توسط یک سیستم مرکزی کنترل می‌شوند. (حسینی نصب و همکاران، ۲۰۱۳).

سیستم‌های تولید پیشرفته[۱۲](AMS) از زمان ورود ماشین‌های CNC در اواخر دهه ۷۰ میلادی به صنعت، زمینه پژوهش بسیاری از محققین تاکنون بوده است. این سیستم‌ها شامل تکنولوژی‌های غیر سنتی است که شرکت‌ها برای حفظ و یا بهبود رقابت از آنها بهره می‌برند (ماتا و همکاران،۲۰۰۵).



شکل۱- سیستم تولید انعطاف‌پذیر
(شیوانند و همکاران،۲۰۰۶)

تکنولوژی‌های پیشرفته نوظهور و به‌کارگیری آنها در سازمان‌های تولیدی برای باقی‌ماندن در صحنه رقابت امری حیاتی به شمار می‌رود. استفاده از آنها در تولید می‌تواند موجب بهبود کیفیت، افزایش تولید، افزایش قابلیت اطمینان و افزایش انعطاف‌پذیری شود (چن[۱۳]، ۱۹۹۵: زارع مهرجردی و همکاران، ۱۳۸۹). سرمایه‌گذاری در این نوع تکنولوژی‌ها می‌تواند دربردارنده سیستم‌های خودکفا نظیر طراحی به کمک کامپیوتر (CAD[۱۴])، تولید به کمک کامپیوتر (CAM[۱۵])، مهندسی به کمک کامپیوتر (CAE[۱۶])، برنامه‌ریزی فرآیند به کمک کامپیوتر (CAPP[۱۷])، سیستم‌های واسطه نظیر ذخیره و بازیابی خودکار (AS/RS[۱۸]) و سیستم‌های یکپارچه نظیر سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر و سلول‌های انعطاف‌پذیر (FMC[۱۹]) باشد (زارع مهرجردی و همکاران، ۱۳۸۸). ابزارهای مدیریتی نظیر برنامه‌ریزی مواد موردنیاز (MRP[۲۰]) و برنامه‌ریزی منابع سازمانی(ERP[۲۱]) نیز به‌عنوان تکنولوژی تولید پیشرفته تلقی می‌شود (ماتا و همکاران،۲۰۰۵). مزیت اصلی این سیستم، انعطاف پذیری بالا در مدیریت منابع و امکانات تولید شامل

زمان، ماشین‌آلات و بهره‌برداری از آنها است. بیشترین کاربرد آن در سیستم‌های با تولید دسته‌ای در مقیاس کوچک، و با کارایی نزدیک به کارایی تولید انبوه است. نقطه ضعف این سیستم، هزینه بالای اجرای آن است (کوستال و همکاران،۲۰۱۱). از اهداف به‌کارگیری سیستم‌های پیشرفته تولید، می‌توان به بهبود بهره‌وری و تبدیل ایده‌های جدید به محصولات نام برد. به‌کارگیری سیستم‌های FMS که خود ممکن است زیرسیستم‌هایی نظیر انعطاف‌پذیری در حجم تولید، در تنوع محصول یا انتقال مواد داشته باشد یکی از راه‌های دست‌یابی به این اهداف است (پارتاسارتی[۲۲] و همکاران، ۱۹۹٦).

تعاریف زیادی برای انعطاف‌پذیری در تولید مطرح شده است. توانایی تغییر یا عکس‌العمل نشان دادن نسبت به تغییرات با کمترین هزینه، زمان و تلاش ضمن کاهش اثرات منفی در عملکرد را انعطاف‌پذیری نامیده‌اند (آپتون[۲۳]، ۱۹۹٤). همچنین، توانائی اعمال تغییر در محیط عملیاتی در زمان مقتضی و با هزینه منطقی در پاسخ به تغییرات در شرایط بازار را انعطاف‌پذیری می‌نامند (سرکیسیان، ۱۳۸۰). سرکیسیان (۱۳۸۰) نیز از قول کاکس انعطاف‌پذیری را سرعت و سهولتی می‌داند که با آن کارخانه‌ها می‌توانند به تغییر در شرایط بازار پاسخ دهند. گروین[۲٤] (۱۹۹۳) توانائی یک سازمان تولیدی در مدیریت و به‌کارگیری مجدد منابع خود به‌طور اثربخش در پاسخ به شرایط داخلی و محیطی در حال تغییر را نشانه‌ای از انعطاف‌پذیری می‌داند. بنابراین، می‌توان انعطاف‌پذیری تولید را منعکس کننده توانائی شرکت‌ها در پاسخ‌گویی به تغییرات در نیازهای مشتریان و همچنین تغییرات غیرمنتظره ناشی از فشارهای رقابتی نامید (وکورکا و اولری[۲۵]، ۲۰۰۰).

رویکردهای متفاوتی به انعطاف پذیری وجود دارد که به همراه تعاریف آن‌ها در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- معانی انعطاف پذیری در رویکردهای مختلف (شیوانند و همکاران،۲۰۰٦)

رویکرد	معنی انعطاف پذیری
تولید	- توانایی تولید قطعات مختلف بدون راه اندازی مجدد - میزان سرعت شرکت در تبدیل فرایند از خط تولید قدیمی به تولید محصول جدید - توانایی تغییر برنامه تولید، برای تغییر یک بخش، یا کنترل بخش‌های چندگانه
عملیاتی	- توانایی بالا در تولید کارآمد محصولات سفارشی و منحصر به فرد
مشتری	- توانایی بهره‌برداری از ابعاد مختلف سرعت تحویل محصول
استراتژیک	- توانایی شرکت برای ارائه طیف گسترده‌ای از محصولات به مشتریانش
ظرفیت	- توانایی افزایش یا کاهش ناگهانی سطوح تولید و یا تغییر سریع ظرفیت شیفت از یک محصول(خدمت) به محصول(خدمت) دیگر

۲-بیان مسئله

سوال اساسی در این مقاله، بررسی و ارزیابی مناسب بودن به‌کارگیری FMS در صنعت لوازم خانگی و به‌خصوص شرکت انتخاب شده است. یکی از اهداف استراتژیک این شرکت، توسعه محصولات به منظور افزایش سهم بازار است، لذا ارزیابی گزینه‌های مختلف FMS می‌تواند به دست‌یابی به هدف مورد نظر کمک کند. از این رو مقاله پیش روی درصدد پاسخ‌گویی به این سوال است که کدام یک از استراتژی‌های تولید انعطاف‌پذیر برای تخصیص بهینه

منابع اقتصادی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از اولویت بالاتری برخوردارند. به‌عبارتی دیگر آیا اجرای سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر می‌تواند منجر به بهبود وضعیت شرکت شود و مزیت رقابتی این شرکت را در مقایسه با سایر شرکت‌های هم ارز بهبود بخشد یا نمی‌تواند.

۲- اهمیت و ضرورت موضوع

امروزه به‌منظور باقی‌ماندن در عرصه رقابت صنایع تولیدی و پاسخ به افزایش انتظارات مشتریان لازم است شرکت‌ها، سیستم‌های پیشرفته ساخت و تولید را به‌عنوان یک گزینه مطرح همواره مدنظر داشته باشند (چو[۲۶]،۲۰۰۹). از گذشته تاکنون لوازم خانگی به‌عنوان یکی از نیازهای ضروری هر خانوار مورد توجه بوده، به‌طوری که اکنون به گفته کارشناسان، صنعت لوازم خانگی، دومین صنعت اشتغال‌زا در کشور پس از صنایع خودروسازی است. اما بررسی وضعیت کارخانه‌های تولیدکننده لوازم خانگی و میزان ساخت داخلی یا مونتاژ بودن این محصولات نقطه ضعف این صنعت است؛ زیرا اکنون سهم مواد اولیه و قطعات وارداتی در تولید لوازم خانگی داخلی بسیار بالاست. از سوی دیگر به نظر می‌رسد، به رغم پیشرفت‌های به دست آمده در تولید این محصولات، هنوز هم تولیدکنندگان داخلی با فناوری روز دنیا در تولید این محصولات فاصله دارند. با توجه به حضور جدی رقبای خارجی در بازار لوازم خانگی ایران، موقعیت رقابتی شرکت‌های داخلی در شرایط نامطلوبی قرار دارد و لازم است با نگاه علمی و دقیق، استراتژی مناسب سیستم تولید انعطاف‌پذیر در بازارهای داخلی طراحی شود. تحقیقات زیادی بر روی مدل‌های مختلف ارزیابی و انتخاب FMS از میان تکنیک‌های تحلیلی مالی ساده متمرکز شده است. روش‌های سنتی تجزیه و تحلیل مالی به دلیل ماهیت قطعی بودن آن‌ها و نیز تاثیرات غیرمالی سیستم‌های تولیدی به‌تنهایی برای ارزیابی سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌های تولید پیشرفته مناسب به‌نظر نمی‌رسند (دوران و همکاران،۲۰۰۸). رویکردهای موجود ارزیابی توجیه‌پذیری سرمایه‌گذاری در سیستم‌های FMS را می‌توان به سه دسته کلی به شرح زیر دسته‌بندی کرد (بدیرو[۲۷] و همکاران، ۱۹۹۱: مردیت و سورش، ۱۹۸٦: کرافورد و بنه تو، ۲۰۰۸):

۱- رویکرد اقتصادی: تکنیک‌های توجیه‌پذیری مالی سنتی مانند دوره برگشت سرمایه (PP[۲۸])، نرخ بازگشت سرمایه(ROI[۲۹])، نرخ بازگشت داخلی(IRR[۳۰]) و ارزش فعلی خالص (NPV[۳۱]).

۲- رویکرد استراتژیک: تحلیل وضعیت رقابتی، اهداف کسب و کار، دسترسی و توسعه اهداف و اهمیت فنی.

۳- رویکرد تحلیلی: تحلیل ارزش، تحلیل سبد سرمایه‌گذاری و تحلیل ریسک (سورش و مردیت، ۱۹۸۵).

بدیهی است تغییرات دائمی در سلیقه مشتریان، باعث خواهد شد که محصولات در حجم کم و با تنوع زیاد تولید شوند. لذا تغییرات باید به‌گونه‌ای باشد که بتواند در اسرع وقت نیازهای مشتریان را پاسخ‌گو باشد (زلنویک[۳۲]، ۱۹۹۰). به‌منظور دست‌یابی به چنین هدفی، استفاده از FMS اجتناب ناپذیر است.

۳- ادبیات تحقیق

یکی از دلایل موفقیت سازمان‌ها اتخاذ تصمیم‌های مناسب است. عموما در ارزیابی، اولویت‌دهی،

رتبه‌بندی و... دو یا چند معیار تصمیم‌گیری مانند سود، هزینه، مطلوبیت و عدم مطلوبیت و... مورد نظر است، تصمیم‌گیرنده با گزینه‌های متفاوتی، تحت معیارهای مختلفی، که از محیط داخلی و خارجی سازمان متاثر می‌شوند، روبرو می‌گردد. در چنین مواردی مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب یک گزینه از میان گزینه‌های موجود به‌عنوان یکی از ابزارهای کارا برای اخذ تصمیم، مناسب به نظر می‌رسد. در تصمیم‌گیری چندشاخصه، تعدادی گزینه، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و در مورد آن‌ها یک نوع اولویت‌بندی انجام می‌شود. علاوه بر گزینه‌ها چندین شاخص وجود دارد که تصمیم‌گیرنده باید آن‌ها را به دقت در مسائل خود در نظر گیرد.

در این راستا هرگاه تبادل میان شاخص‌های به کار رفته در مساله مورد نظر وجود داشته باشد (به عبارت دیگر، هرگونه کاهشی در هر یک از شاخص‌ها با افزایش در شاخص‌های دیگر جبران گردد و بالعکس)، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره از نوع مدل‌های جبرانی است. در غیر اینصورت، و در شرایطی که هر شاخص جدا از سایر شاخص‌ها مبنای ارزیابی گزینه‌های رقیب شود، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره از نوع مدل‌های غیرجبرانی خواهد بود.

روش‌های تصمیم چندشاخصه جبرانی که تبادل میان شاخص‌ها در آن‌ها صورت می‌گیرد، جایگاه مستحکمی در بین فنون تصمیم‌گیری دارند. در این مقاله به دلیل دقت و انعطاف‌پذیری بیش از حد این روش‌ها و نیز در نظر گرفتن همزمان متغیرهای کمی و کیفی، از یک سو و تبادل میان شاخص‌های عملکرد رتبه‌بندی و اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از تکنیک‌های مربوط به مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره جبرانی صورت می‌گیرد (آذر و همکاران،۱۳۸۱).

۳-۱- تکنیک تحلیل سلسله مراتبی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که اولین بار توسط ساعتی[۳۳] در دهه ۱۹۷۰ ارائه شد. تکنیک AHP برای ارزیابی ذهنی مجموعه‌ای از گزینه‌ها براساس چندین شاخص و یا ساختار سلسله مراتبی طراحی شده است. در بالاترین سطح هدف تصمیم‌گیری و در سطح (سطوح) بعد معیارها (زیرمعیارها) قرار خواهند گرفت و در سطح پائین‌تر گزینه‌های تصمیم قرار گرفته که هرکدام به تنهایی توسط هر شاخص ارزیابی و نهایتا ارزیابی گزینه‌های مختلف براساس شاخص‌های گوناگون ادغام و جواب نهایی بدست می‌آید (مومنی،۱۳۸۷).

۳-۲- تکنیک تصمیم‌گیری تاپسیس

تکنیک تصمیم‌گیری تاپسیس براساس این ایدهٔ اصلی بسط یافته است که گزینه انتخاب شده بایستی از راه‌حل ایده‌آل مثبت، کمترین فاصله و از راه‌حل ایده‌آل منفی، بیشترین فاصله را داشته باشد.

مفروضات زیربنایی این تکنیک عبارتند از:

الف- مطلوبیت هر شاخص اعم از کیفی یا کمی باید به‌طور یکنواخت، افزاینده یا کاهنده باشد تا بتوان بهترین ارزش موجود آن را نشان‌دهنده ایده‌آل مثبت و بدترین ارزش آن را نشان دهنده ایده‌آل منفی تلقی نمود.

ب- شاخص‌ها باید بگونه‌ای باشند که مستقل از یکدیگر فرض شوند.

ج- فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی به صورت فاصله اقلیدسی محاسبه می‌گردد.

مزایای این روش تصمیم‌گیری عبارتند از:

الف- تصمیم‌گیری در صورت وجود شاخص‌های فایده و شاخص‌های هزینه (حتی توام با هم در یک مساله) امکان پذیر است.

ب- برای رسیدن به گزینه بهینه، تعداد قابل توجهی معیار را می‌توان مورد استفاده و مقایسه قرار داد.

ج- این روش، ساده و دارای سرعت مناسب است و برای تعداد زیادی گزینه و شاخص به‌خوبی پاسخگو است.

د- تصمیم‌گیری با وجود توام معیارهای کیفی و کمی میسر است (خورشید و همکاران،۱۳۸۳).

۳-۳- روش تحلیل پوششی داده‌ها

در سال ۱۹۵۷ فارل اقدام به سنجش کارایی برای یک واحد تولیدی شامل یک ورودی و یک خروجی نمود. چارز[۳۴]، کوپر[۳۵] و رودز[۳۶] دیدگاه فارل را توسعه داده و مدلی را ارائه کردند که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و چندین خروجی را داشت. این مدل تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌ها نام گرفت و به مدل CCR معروف گردید. تحلیل پوششی داده‌ها روشی غیر پارامتریک و مبتنی بر رویکرد برنامه‌ریزی خطی است که کارایی نسبی واحدها را در مقایسه با یکدیگر ارزیابی می‌کند. این روش، واحدهای تحت بررسی را به دو گروه واحدهای کارا و غیرکارا تقسیم می‌کند. واحدهای کارا واحدهایی هستند که امتیاز کارایی آن‌ها برابر با یک (میزان کارایی۱۰۰ درصد) است و بر روی مرز کارا قرار می‌گیرد. در صورتی که امتیاز کارایی واحد کمتر از ۱ باشد، میزان کارایی کمتر از ۱۰۰ درصد بوده و بر روی مرز کارا قرار نگرفته است. در مدل‌های DEA، راهکار بهبود واحدهای ناکارا، رسیدن به مرز کارایی از دو طریق ذیل است:

۱- کاهش نهاده‌ها بدون کاهش ستاده‌ها (سنجش کارایی با ماهیت ورودی محور).

۲- افزایش ستاده‌ها بدون جذب نهاده‌های بیشتر (سنجش کارایی با ماهیت خروجی محور).

یکی از ویژگی‌های DEA، ساختار بازده به مقیاس ثابت یا متغیر آن است. بازده ثابت نسبت به مقیاس بدان معنا است که افزایش در مقدار ورودی منجر به افزایش خروجی به همان نسبت می‌شود، که زمانی مناسب است که همه واحدها در مقیاس بهینه عمل کنند. هرگاه فضا و شرایط رقابت ناقص، محدودیت‌هایی را در سرمایه‌گذاری تحمیل کند، موجب عدم فعالیت واحد در مقیاس بهینه می‌گردد. لذا، در سال ۱۹۸٤ بنکر، چارنز و کوپر با تغییر در مدل CCR مدل جدیدی را برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهایی با بازده متغیر نسبت به مقیاس عرضه کردند که به مدل BCC شهرت یافت (مهرگان، ۱۳۸۷).

٤- پیشینه تحقیق

ذیلاً به تحقیقاتی اشاره می‌شود که دربردارنده تکنیک‌های فوق‌الذکر باشد و بتواند پوشش بیشتری را برای ورود به بحث ارزیابی استراتژیک FMS فراهم نماید. داول[۳۷] (۱۹۹۰) یک مدل بر مبنای هزینه را برای توجیه‌پذیری این نوع سیستم‌ها به‌کار برده است. از تحلیل هزینه-منفعت نیز برای ارزیابی طرح‌های مرتبط با FMS استفاده شده است که از جمله مزایای آن، در نظر گرفتن ریسک و تبدیل آن به هزینه‌هاست (پریمرز، ۱۹۹۱: سوامیداس[۳۸]و همکاران، ۱۹۹۱). تروکسلر و بلنک[۳۹]، (۱۹۸۹) نیز انعطاف‌پذیری طرح‌های مختلف FMS را با مقایسه‌های اقتصادی ارزیابی نمودند. اسلگمالدر و بروگمن[٤۰] (۱۹۹۲) براین باورند که روش‌های NPV و IRR از بین روش‌های اقتصادی به نتیجه بهتری می‌انجامند و امکان مقایسه بهتری را بین این نوع

طرح‌ها فراهم می‌آورند. اما به‌طور کلی بسیاری از محققان به ناکافی بودن معیارهای اقتصادی به دلیل در نظر نگرفتن مزایای استراتژیکی حاصل از به‌کارگیری سیستم‌های پیشرفته تولیدی اشاره کرده‌اند (کارساک و تولگا[41]، ۲۰۰۱: دوران و آگوئیلو، ۲۰۰۸: چو[42]، ۲۰۰۹: کارساک و کازگونکایا[43]، ۲۰۰۲: اردوبادی و مالونی[44]، ۲۰۰۱ و داتا[45] و همکاران، ۱۹۹۲). به همین دلیل است که اکثر محققان ترکیب روش‌های فوق را برای ارزیابی این نوع سیستم‌ها به‌کار برده‌اند. البیاراکوگلو[46] (۱۹۹۶)، داتا و همکاران (۱۹۹۲) و همچنین موهانتی و ونکاتارامن[47] (۱۹۹۳) روش AHP را برای ارزیابی تکنولوژی‌های پیشرفته تولید به‌کار بردند. رائو[48] (۲۰۰۷) از ترکیب روش‌های AHP و تاپسیس جهت ارزیابی سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر استفاده کرده است. سورش و کاپارتی[49] (۱۹۹۲) ترکیب مدل برنامه‌ریزی آرمانی عدد صحیح و AHP را برای تصمیم‌گیری در خصوص سرمایه‌گذاری سیستم‌های خودکار انعطاف‌پذیر ارائه دادند. از ترکیب دو روش AHP و برنامه‌ریزی آرمانی نیز برای توجیه‌پذیری سیستم‌های پیشرفته تولیدی استفاده به عمل آمده است (یورداکل[50]، ۲۰۰۴: خاتمی فیروزآبادی و همکاران، ۲۰۰۸: مینت و تابوکانن[51]، ۱۹۹۴). از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA[52]) نیز برای ارزیابی سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر استفاده شده است (سرکیس[53]، ۱۹۹۷). تالوری[54] و همکاران (۲۰۰۰) روشی را بر مبنای ترکیب DEA و روش‌های آماری ناپارامتریک جهت ارزیابی FMS ارائه کرده‌اند. چانگ و تسو[55] (۱۹۹۳) از برنامه‌ریزی خطی با محدودیت‌های احتمالی برای ارزیابی این نوع سیستم‌ها استفاده کرده‌اند. اردوبادی و مالونی (۲۰۰۱) از رویکرد سیستمی برای توجیه‌پذیری این سیستم‌ها استفاده کرده‌اند. کارساک و تولگا (۲۰۰۱) از تصمیم‌گیری چند هدفه فازی برای انتخاب یک سیستم تولید از بین گزینه‌های ناسازگار استفاده کرده‌اند. پرگو و رنگون[56] (۱۹۹۸) از چارچوب مرجعی برای سه دسته از تکنیک‌های MADM فازی جهت انتخاب تکنولوژی پیشرفته تولید بهره گرفته‌اند. کیولا[57] (۱۹۹۳) یک مدل مدیریت ریسک را برای تصمیمات مرتبط با انتخاب FMS و به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره پیشنهاد کرده است. تابوکانن و همکاران (۱۹۹۴) نیز یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری را برای انتخاب سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر ارائه دادند. دوران و آگوئیلو (۲۰۰۸) با AHP فازی به ارزیابی تکنولوژی‌های پیشرفته اقدام کرده‌اند و معیارهای اقتصادی و استراتژیکی را در مساله در نظر گرفته‌اند. چو و چنگ (۲۰۰۸) از یک مدل تصمیم‌گیری گروهی فازی برای توجیه‌پذیری این نوع سیستم‌ها استفاده کرده‌اند. بسیاری از محققین بر این عقیده‌اند؛ برای توجیه‌پذیری طرح‌های مختلف FMS باید از دیدگاه استراتژیک مساله را بررسی کرد. استدلال‌هایی که برمبنای مقایسه با رقبا، حفظ و نگهداری کسب و کار، رهبری در صنعت و رشد مورد انتظار آینده شکل می‌گیرند. الانگو و ماین هارت[58] (۱۹۹۴) چارچوب استراتژیکی برای ارزیابی FMS ارائه دادند. میکائیل[59] و همکاران (۱۹۹۷) نیز از چندین روش مختلف برای ارزیابی تکنولوژی‌های جدید در شرکت‌های آمریکایی استفاده کردند و اثرات پیاده‌سازی این نوع تکنولوژی‌ها را بررسی نمودند. شنگ (۲۰۰۴) جزئیات انتخاب استراتژیک تکنولوژی‌های تولید انعطاف‌پذیر را ارائه کرده است. لورنس[60] و همکاران (۲۰۰۵) نیز جنبه‌های انعطاف‌پذیری در سیستم‌های تولید، تغییر استراتژی و عملکرد را تشریح کرده‌اند. رائو (۲۰۰۷) در جای دیگری از یک مدل تصمیم‌گیری برای انتخاب FMS با استفاده از روش‌های ماتریسی ارائه کرده است.

شونسلبن[۶۱] (۲۰۰۷) تکنیک‌هایی را برای برنامه‌ریزی و کنترل بر حسب انواع مختلف انعطاف‌پذیری طرح کرده است. همچنین از نظریه فازی برای ارزیابی سیستم‌های پیشرفته ساخت و تولید استفاده شده است که از جمله می‌توان به تحقیق چنگ و ونگ[۶۲] (۲۰۰۹) اشاره کرد. ترکیب برخی از روش‌ها با یکدیگر به‌منظور ارزیابی و انتخاب سیستم‌های پیشرفته ساخت و تولید نیز انجام شده است که مثلا می‌توان به تحقیق آلمانای و گرینو[۶۳] (۲۰۰۸) اشاره کرد که از دو تکنیک FMEA[۶۴] و QFD[۶۵] برای ارزیابی استفاده کرده‌اند. باید توجه داشت انعطاف‌پذیری تولید فقط به یک مشخصه از تولید نمی‌پردازد، بلکه ممکن است هم‌زمان چندین مولفه تولید را تحت تاثیر قرار دهد (وکورکا و همکاران، ۲۰۰۰). در بین محققان انعطاف‌پذیری تولید مفهومی چند بعدی دارد اما درباره این که ابعاد اصلی چه باید باشند اختلاف نظر وجود دارد. سرکیسیان (۱۳۸۰) به نقل از ستی و ستی[۶۶] از یازده بعد و گوپتا و سامرز (۱۹۹۲) از نه بعد نام برده‌اند، درصورتی‌که طبقه‌بندی گروین شامل هفت بعد است (۱۹۹۳). دیسوزا و ویلیامز[۶۷] (۲۰۰۰) نیز به چهار بعد اشاره کرده‌اند. در جدول(۲)، شش تقسیم‌بندی مختلف از ابعاد انعطاف‌پذیری تولید ذکر شده است. در سال ۲۰۰۲ موسسه مطالعاتی CACI در انگلستان، کل مصرف کنندگان را به هفت طبقه اصلی، سپس به هشت گروه شامل مصرف‌کنندگان آنلاین فعال، جامعه‌پذیران سریع، مصرف‌کنندگان ملاحظه‌کار، مراقبین و عمل گرایان، سبک زندگی اجتماعی، خریداران دمدمی مزاج، کاوشگران محتاط و جامعه آف‌لاین بسط داده است. بررسی‌های انجام شده توسط این موسسه نشان می‌دهد که عمده مصرف‌کنندگان گروه‌های دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم گرایش به خرید لوازم خانگی دارند(کوتزب و همکاران، ۲۰۰۵). آنچه از ادبیات و پیشینه تحقیق مشاهده می‌شود به‌کارگیری انواع و اقسام روش‌ها برای ارزیابی سیستم‌های پیشرفته تولید و از جمله FMS بوده است. آنچه در این مقاله مورد توجه قرار می‌گیرد ارزیابی این سیستم‌ها با ٤ روش مختلف (از آسان تا پیچیده) و مقایسه آن‌ها با یکدیگر است. محققین همواره سعی می‌نمایند تا روشی را برگزینند که جامع و کامل بوده و بتواند تمام عوامل را منظور کند اما باید توجه داشت که تصمیم‌گیرندگان ممکن است با پیچیدگی‌های این روش‌ها آشنا نباشند و نتوانند با روش‌های مزبور ارتباط برقرار کنند. از این رو این مقاله سعی می‌کند که در کنار روش‌های پیچیده که تاکنون برای ارزیابی مورد استفاده قرار گرفته‌اند از روش‌های آسان‌تری نیز استفاده کند و نتایج آن‌ها را به تصمیم‌گیرندگان ارائه نمایند تا آنها خود بتوانند تصمیم نهایی را اتخاذ کنند.

جدول ۲- طبقه‌بندی‌های مختلف از انواع FMS در ادبیات تحقیق به نقل از سرکیسیان (۱۳۸۰)

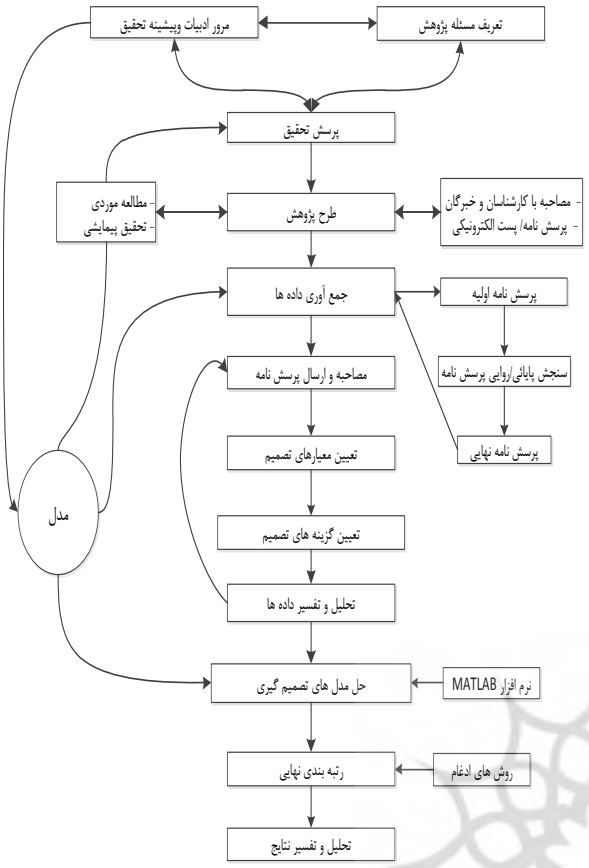
براون و همکاران، ۱۹۸٤	ماشین آلات، فرآیند، محصول، مسیریابی، حجم تولید، توسعه، عملیات، تولید
گروین، ۱۹۸۷	ترکیب محصولات، آماده‌سازی مجدد (دستگاهها)، تغییرمحصولات، مسیریابی مجدد، حجم (تولید)، مواد، توالی (عملیات)
ستی و ستی، ۱۹۹۰	انتقال مواد، برنامه، بازار
گروین، ۱۹۹۳	ترکیب محصول، آماده‌سازی مجدد، تغییر محصولات، حجم تولید، مسیریابی مجدد، مواد، پاسخ‌گویی، انعطاف‌پذیری
دیسوزا و ویلیامز، ۲۰۰۰	انعطاف‌پذیری حجم تولید، تنوع محصول، فرآیند، انتقال مواد
وکورکا و همکاران، ۲۰۰۰	ماشین آلات، انتقال و مسیریابی، عملیات، اتوماسیون، نیروی انسانی، فرآیند، محصول، طرح جدید، تحویل محصول، حجم تولید، توسعه، بازار

۵- روش‌شناسی پژوهش

مقاله حاضر براساس هدف تحقیق از نوع ارزیابی است که فرایندی جهت جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات برای تصمیم‌گیری است. از نظر روش و چگونگی به‌دست آوردن داده‌های مورد نیاز، یک تحقیق توصیفی- پیمایشی است و به‌دلیل کاربرد عملی و ارائه پیشنهادهایی برای استفاده‌کنندگان، تحقیقی کاربردی به‌شمار می‌رود. (خاکی، ۱۳۸۲).

از منظر افق زمانی، یک تحقیق تک مقطعی است و از داده‌های مربوطه در فاصله زمانی یکساله (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۰) استفاده می‌شود. نظر کلیه کارشناسان و خبرگان و نیز اطلاعات ثبت شده موجود در زمان اجرای این تحقیق، قلمرو زمانی را تشکیل می‌دهند. از نظر قلمرو مکانی، جامعه آماری تحقیق، یکی از شرکت‌های تولیدکننده لوازم خانگی[۶۸-۶۸] در استان تهران است که محصولات متنوعی را تولید[۶۹] می‌کند. به منظور دستیابی به اهداف اساسی مقاله، چارچوب نظری ارائه شده در شکل (۲) طراحی و دنبال شد.

برای پاسخ‌گویی به سوال اصلی مقاله، ابتدا لازم است وضعیت فعلی شرکت مورد توجه قرار گیرد. با ورود تولیدکنندگان نوظهور در عرصه تولید لوازم خانگی، عرصه بر شرکت مزبور تنگ‌تر از گذشته شده است و اگر این شرکت بخواهد سهم بازار فعلی خود را از دست ندهد باید بتواند با رقبایی به مبارزه برخیزد که: ۱) از سیستم‌های جدیدتر تولیدی بهره می‌برند، ۲) محصولات متنوع‌تری تولید می‌کنند، ۳) محصولات را به‌موقع و بدون تاخیر در اختیار مشتریان قرار



شکل ۲- گام‌های پژوهش

می‌دهند، ٤) بهره‌وری بالاتری دارند، ٥) از سیستم‌های خدمات پس از فروش بهتری برای رضایتمندی مشتریان استفاده می‌کنند، ٦) به خواسته‌های مشتریان تن در می‌دهند و ....

پس از بررسی وضعیت فعلی، لازم است شاخص‌های موثر بر اجرای FMS و نیز گزینه‌های مختلف تصمیم‌گیری با تعریف سطوح انعطاف‌پذیری شناسایی شوند. در این مقاله، معیارهای مناسب ارزیابی سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر به دست آمده از ادبیات تحقیق، طی پرسش‌نامه‌ای به خبرگان و اعضای هیات مدیره شرکت ارائه شد. پس از بررسی معیارها توسط افراد مزبور، ۷ معیاری که فراوانی بیشتری داشتند به عنوان شاخص‌های اثرگذار انتخاب

گردید، که عبارتند از: ۱) بهبود کیفیت محصول، ۲) افزایش سهم بازار، ۳) بهره‌وری (شامل بهبود عملیات تولید و بهبود مدیریت عملیات)، ٤) واکنش سریع به نیازهای مشتریان (رضایت مشتریان)، ٥) افزایش توان نوآوری (دربردارنده تنوع در طراحی محصولات و تنوع در فرآیند ساخت)، ٦) کاهش موجودی (شامل کاهش کار در جریان ساخت، کاهش موجود کالای نهایی در انبار و کاهش موجودی مواد اولیه) و ۷) مزیت رقابتی بلند مدت.

البته لازم به ذکر این نکته است که اختلاف نظری بین اعضای گروه انتخاب‌کننده شاخص‌ها از لحاظ معیار "هزینه سرمایه‌گذاری" بین یکی از اعضای گروه و سایر اعضا وجود داشت، به‌طوری‌که اکثریت معتقد بودند وجود معیار مزبور در فرآیند ارزیابی ضروری نیست زیرا شرکت ناگزیر از اجرای FMS است، در حالیکه فرد مخالف بر این عقیده بود که کماکان می‌توان گزینه حفظ وضعیت موجود را در نظر گرفت و لذا لازم است معیار "هزینه سرمایه‌گذاری" به عنوان معیار هشتم در فرآیند ارزیابی لحاظ شود. برای غلبه بر این مشکل، دو مرتبه مسئله مورد تحلیل قرار گرفت. در مرحله اول با ۷ معیار انتخاب شده و بدون معیار هزینه سرمایه‌گذاری و مرحله دوم با معیار هزینه سرمایه‌گذاری انجام گرفت. باید توجه داشت در حالت اول تمام معیارهای در نظر گرفته شده جنبه مثبت دارند به این معنی که با افزایش آن‌ها، مطلوبیت بیشتر می‌شود.

برای پاسخ به این سوال که کدامیک از سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر برای شرکت مزبور مناسب است از طبقه‌بندی دیسوزا و ویلیامز (۲۰۰۰) استفاده شد. به این ترتیب گزینه‌های مورد بررسی به پنج گزینه الف) انعطاف‌پذیری در حجم تولید، ب) انعطاف‌پذیری در تنوع محصول، ج) انعطاف‌پذیری در فرآیند ساخت، د) انعطاف‌پذیری در انتقال مواد و بالاخره ه) حفظ وضعیت موجود ختم شد. خبرگان شرکت نیز این پنج گزینه را به‌عنوان گزینه‌های مطرحی که می‌تواند بررسی شود، تایید کردند.

برای رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف تصمیم‌گیری از روش‌های مختلف MADM شامل روش‌های تحلیل سلسله مراتبی، ساو، تاپسیس، اسمارتر و پرموتاسیون استفاده شده است. استفاده از روش‌های مختلف ضمن امکان مقایسه بین جواب‌های حاصل از روش‌ها، می‌تواند دلایل یکسان نبودن رتبه‌ها را تا حدودی بررسی نماید و چرایی آن را روشن سازد. به دلیل در دسترس نبودن نرم‌افزاری برای بعضی از این روش‌ها، برنامه‌هایی توسط نرم‌افزار مطلب[۷۰] نوشته شده است و لذا تحلیل اطلاعات توسط این نرم‌افزار انجام می‌شود.

در این مقاله امکان استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها بررسی گردید. مدل مربوطه BCC با ماهیت ورودی محور و بازده متغیر نسبت به مقیاس (به علت عدم اطمینان از بازده ثابت نسبت به مقیاس) برای ارزیابی کارایی نسبی استراتژی‌های سیستم FMS انتخاب گردید. چارز، کوپر و رودز در ساخت مدل DEA به یک رابطه تجربی در ارتباط با تعداد واحدهای مورد ارزیابی و تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها رسیدند، به این صورت که، مطابق رابطه (۱)، تعداد واحدهای تصمیم‌گیر(DMU) می‌بایست از سه برابر مجموع تعداد متغیرهای ورودی و خروجی کمتر نباشند.

(۱) DMU > = ۳* (تعداد ورودی‌ها+ تعداد خروجی‌ها)

عدم به‌کارگیری رابطه (۱) در عمل موجب می‌شود که تعداد زیادی از واحدها بر روی مرز کارا قرار گرفته و به بیان دیگر دارای امتیاز کارایی یک گردند، لذا قدرت تفکیک مدل به این ترتیب کاهش می‌یابد (مهرگان، ۱۳۸۷). ولی از آنجائی که در این مقاله، هدف اندازه‌گیری ۵ واحد تصمیم‌گیرنده و ۷ متغیر است، چون رابطه فوق برقرار نیست، در نتیجه با مشکل اساسی در استفاده از این روش روبرو هستیم که نمی‌توان از روش DEA استفاده کرد.

در این مقاله پنج نوع رتبه‌بندی برای گزینه‌ها بدست می‌آید. برای تفوق بر این وضعیت و رسیدن به یک جواب قطعی و کاربرد آن در عمل از سه طریق روش میانگین رتبه‌ها، روش بردا و روش کپ‌لند برای ادغام جواب‌های حاصل استفاده شده است.

هرگاه داده‌ها به صورت رتبه‌ای جمع‌آوری شده باشد یا به رتبه تبدیل شده باشد، تحلیل همبستگی نتایج رتبه‌بندی باید انجام شود. از جمله این روش‌ها آزمون رتبه‌ای اسپیرمن[۷۱] است که برای آزمون استقلال رتبه‌ای دادها به‌کار می‌رود. در این تحقیق، برای سنجش همبستگی و ارتباط دو متغیر(حالت اول و دوم مسئله) از ضریب همبستگی اسپیرمن به‌عنوان یکی از آزمون‌های ناپارامتریک استفاده می‌شود (صالحی صدقیانی،۱۳۸۸).

پرسش‌نامه‌های این مقاله، یکی به منظور غربال‌سازی معیارهای برگرفته شده از ادبیات تحقیق و همچنین اضافه کردن معیارهایی که در تحقیقات پیشین وجود نداشت، پنج پرسش‌نامه دیگر برای سنجش گزینه‌ها در قبال معیارهای در نظر گرفته شده و پرسش‌نامه دیگری نیز برای تعیین اهمیت معیارها طراحی گردید. در مقاله حاضر با مراجعه به اساتید، متخصصان و خبرگان صنعت لوازم خانگی، روایی پرسش‌نامه بررسی شد. در حقیقت عوامل و معیارهای سیستم تولید انعطاف‌پذیر با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی تحقیقات پیشین انتخاب گردید و علاوه‌بر متخصصان شرکت، خبرگان صنعت نیز عوامل و معیارهای در نظر گرفته شده را تایید نمودند. پایایی پرسش‌نامه با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ و با کمک نرم‌افزار SPSS محاسبه شده است. بدین منظور، پرسش‌نامه‌ها برای ۱۵ نفر از متخصصین صنعت ارسال شد که از این تعداد، ٦ پرسش‌نامه برگشت داده شد. نتایج حاصل از محاسبه ضریب آلفای کرونباخ به شرح جدول (۳) حاکی از آن است که میزان پایائی مطلوب ارزیابی می‌شود.

جدول ۳- آزمون پایائی پرسش‌نامه‌ها با استفاده از محاسبه ضریب آلفای کرونباخ

گزینه	آلفای کرونباخ
انعطاف‌پذیری در محصول	۰/۹۳٤۲۷
انعطاف‌پذیری در حجم تولید	۰/۹۱۱۷۳۳
انعطاف‌پذیری در فرآیند	۰/۹۲۹۰۸۷
انعطاف‌پذیری در انتقال مواد	۰/۹۳۹۳۷۸

٦- یافته‌های پژوهش

٦-۱- روش وزن‌دهی تجمعی ساده (ساو)

این روش یکی از شناخته شده ترین و آسان‌ترین روش‌های MADM است. در این روش تصمیم گیرنده به هریک از شاخص‌ها وزن داده و سپس برای هر گزینه تصمیم‌گیری، تک‌تک ارزش شاخص‌ها در وزن آنها ضرب شده و سپس با هم جمع می‌شوند(مومنی، ۱۳۸۷). به این وسیله امتیاز هر گزینه تصمیم‌گیری محاسبه می‌شود. در این روش، گزینه برتر، گزینه‌ای است که بیشترین امتیاز را داشته باشد (ماکویی، ۱۳۸٦). ابتدا لازم است بردار وزنی $W=(w_1,w_2,\cdots,w_n)$ برای n شاخص در نظر

گرفته شود. دراین حالت بهترین گزینه (A^*)از رابطه شماره (۲) به‌دست می‌آید:

$$A^* = \left\{ A_i \mid \max_i \sum_{j=1}^{n} w_j x_{ij} \right\} \qquad (۲)$$

x_{ij} در رابطه شماره (۲)، ارزش شاخص jام برای گزینه iام است. معمولاً وزن‌ها به‌گونه‌ای انتخاب می‌شوند که رابطه شماره (۳) برقرار باشد:

$$\sum_{j=1}^{n} w_j = 1 \qquad (۳)$$

در برنامه نوشته شده، چهار مرحله هم‌ارز با مراحل روش ساو در نظر گرفته شده است. مرحله اول، وارد کردن اطلاعات دریافتی از پرسش‌نامه است. در این پرسش‌نامه از خبرگان میزان تامین هریک از معیارها را با توجه به گزینه مورد نظر مورد سوال قرار گرفته است که در آن عدد ۱ کمترین ارزش و عدد ۹ بیشترین ارزش است. این اطلاعات در دو جدول (٤) و (۵) خلاصه شده است. جدول (٤) ماتریس تصمیم متناظر با سنجش وضعیت هر گزینه تصمیم‌گیری نسبت به معیارهاست در حالیکه جدول (۵)، وزن اولیه در نظر گرفته شده از سوی خبرگان است که اهمیت معیارها را نشان می‌دهد. برای دست‌یابی به اوزان جداول (٤) و (۵) نیز از میانگین نظرات خبرگان استفاده به عمل آمده است.

جدول ٤- سنجش وضعیت هر گزینه تصمیم‌گیری نسبت به معیارها

معیارها / گزینه‌ها	۱	۲	۳	٤	۵	٦	۷
الف	٦/۵۰	۸/۳۲	٤/۹۳	٦/۱۲	٦/٦۷	٤/۱٦	۷/۰۸
ب	۵/٤۰	۷/۹۲	۵/۹٦	٦/۲۳	۵/۹۹	٦/۳۳	٦/٦۷
ج	۵/۷۱	۷/۲۰	٦/۱۲	٦/۱۸	٦/۳۵	٦/٤۸	٦/۹۲
د	٦/۸۹	٦/۲۷	۷/۷۵	٦/۰۲	٦/۵۹	٦/۹۱	٦/٦۷
ه	۳/۷۳	۵/۳۲	۵/۲۹	٤/۲٤	۵/۰۰	۵/۵۱	۵/۳۵

جدول ۵- اوزان اولیه در نظر گرفته شده برای اهمیت معیارها

معیار	۱	۲	۳	٤	۵	٦	۷
وزن	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۰

اعداد جدول (۵) نیز همانند جدول (٤) اطلاعاتی است که از طریق پرسش‌نامه‌های ارسالی به خبرگان به‌دست آمده و در آن میزان اهمیت هر معیار مورد پرسش قرار گرفته است که در آن عدد یک کمترین ارزش و عدد ۹ بیشترین ارزش است.

سومین مرحله از این برنامه عملیات محاسبه میزان برتری هر یک از گزینه‌ها بر مبنای روش ساو است. در آخرین مرحله نیز رتبه معیارها به دست می‌آید. نتیجه حاصل از دو مرحله فوق به شرح جدول (٦) است. بهترین گزینه از منظر این روش، گزینه انعطاف‌پذیری درانتقال مواد در خط تولید است که امتیاز آن تفاوت معنی‌داری با امتیاز سایر گزینه‌ها به‌جز گزینه حفظ وضع موجود ندارد. به عبارت دیگر گزینه ادامه وضعیت فعلی اصلاً مطلوب نیست و شرکت باید برای نگه داشتن خود در بازار حداقل یکی از گزینه‌های انعطاف‌پذیری را مد نظر قرار دهد و به دنبال اجرای آن باشد.

جدول ٦- امتیاز و رتبه بندی گزینه‌های مطرح شده توسط روش ساو

رتبه	گزینه	امتیاز نهایی
۱	انعطاف‌پذیری در انتقال مواد (د)	۰/۹٤۳٤
۲	انعطاف‌پذیری در فرآیند ساخت (ج)	۰/۹۲۳٦
۳	انعطاف‌پذیری در حجم تولید (الف)	۰/۸۸۷۵
٤	انعطاف‌پذیری در تنوع محصول (ب)	۰/۸۸۳۹
۵	ادامه وضع موجود (ه)	۰/٦۷٤۳

٦-٢- روش تاپسیس

فلسفه این روش که توسط هوانگ و یون[٧٢] (١٩٨١) ابداع شده است. انتخاب گزینه‌ای است که نه تنها بتواند نزدیکترین گزینه به گزینه ایده‌آل از لحاظ تمامی معیارها باشد بلکه دورترین فاصله را از گزینه ضد ایده‌آل نیز داشته باشد (ماکویی ١٣٨٦). در این روش پس از نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم بصورت غیر خطی، لازم است وزن معیارها را معین کرد. سپس باید گزینه‌های ایده‌آل و ضد ایده‌آل را با استفاده از دو رابطه (٤) و (٥) زیر تعیین کرد:

$$A^* = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \mid i = 1,2,\cdots,m \right\} = \left\{ v_1^*, v_2^*, \cdots, v_j^*, \cdots, v_n^* \right\} \quad (٤)$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \mid i = 1,2,\cdots,m \right\} = \left\{ v_1^-, v_2^-, \cdots, v_j^-, \cdots, v_n^- \right\} \quad (٥)$$

در دو رابطه فوق، از ضرب ماتریس اوزان در ماتریس تصمیم، ماتریس V به دست می‌آید. همچنین J مجموعه شاخص‌های مثبت (ازجنس سود) و J مجموعه شاخص‌های منفی (از جنس هزینه) هستند. پس از آن فاصله بین هردو گزینه تصمیم‌گیری ایده‌آل و ضد ایده‌آل از روابط (٦) و (٧) محاسبه می‌شود. فاصله هر گزینه تا گزینه ایده‌آل A* و ضد ایده‌آل A^- به ترتیب برابر است با:

$$s_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^* \right)^2}, \quad i = 1,2,\cdots,m \quad (٦)$$

$$s_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^- \right)^2}, \quad i = 1,2,\cdots,m \quad (٧)$$

رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری بر اساس شاخص رابطه (٨) به‌دست می‌آید:

$$C_i^* = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^+} \quad (٨)$$

رتبه‌بندی آلترناتیوها برحسب ترتیب نزولی C_i^* انجام می‌شود (ماکویی، ١٣٨٦: مومنی، ١٣٨٧).

برای این روش نیز برنامه‌ای در مطلب نوشته شد که دقیقاً همان مراحل روش تاپسیس را اجرا می‌کند. رتبه‌های حاصل از روش تاپسیس در جدول (٧) به نمایش درآمده است.

جدول ٧-رتبه بندی گزینه‌ها به روش تاپسیس

رتبه	گزینه	امتیاز نهایی
١	انعطاف‌پذیری در انتقال مواد (د)	٠/٧٤٠٨
٢	انعطاف‌پذیری در فرآیند ساخت (ج)	٠/٧٣١١
٣	انعطاف‌پذیری در حجم تولید (الف)	٠/٦٢٤٥
٤	انعطاف‌پذیری در تنوع محصول (ب)	٠/٦٠٠٣
٥	ادامه وضع موجود (ه)	٠/١٥١٩

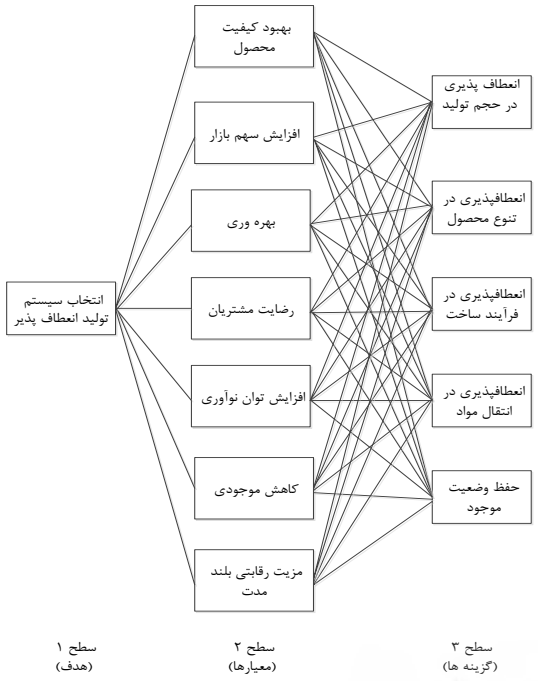
هرچند رتبه‌های به‌دست آمده توسط روش تاپسیس مشابه با روش ساو است اما اختلاف آن‌ها در تفاوت فاحش امتیاز گزینه ادامه وضع فعلی با سایر گزینه‌هاست.

٦-٣- روش تحلیل سلسله مراتبی

براساس روش AHP پرسش‌نامه‌ای طراحی شد تا ترجیحات ذی‌نفعان چه از لحاظ مقایسه بین معیارها و همچنین مقایسه بین گزینه‌های تصمیم‌گیری با هر یک از معیارها انجام شود. ابتدا شاخص‌ها را دو به دو با هم مقایسه می‌کنیم. (٧

شاخص، ۲۱ ماتریس) لازم به ذکر است که برای پرکردن ماتریس مقایسات زوجی، از مقیاس ۱ تا ۹ استفاده می‌شود تا اهمیت نسبی هر عنصر نسبت به عناصر دیگر، در رابطه با آن خصوصیت مشخص شود.

پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی برای شاخص‌ها، مقادیر آن را به‌هنجار می‌کنیم. برای این منظور، هر مقدار ماتریس را بر جمع ستون مربوطه تقسیم می‌کنیم. سپس، برای محاسبه وزن نسبی هر شاخص میانگین حسابی هر سطر را محاسبه می‌کنیم. حال همین مراحل را برای گزینه‌ها از نظر هر شاخص انجام می‌دهیم. در مرحله بعد، برای هر شاخص، بین گزینه‌ها، مقایسات زوجی انجام می‌دهیم. شایان ذکر است در اینجا به جهت اختصار از آوردن محاسبات پرهیز می‌کنیم.



شکل ۳- سلسله مراتب تصمیم‌گیری مسئله انتخاب سیستم FMS

جدول ۸-وزن های نسبی شاخص‌ها

شاخص‌ها	بهبود کیفیت محصول	افزایش سهم بازار	بهره‌وری	رضایت مشتریان	افزایش توان نوآوری	کاهش موجودی	مزیت رقابتی	جمع کل
وزن	٪۲٤,۵	٪۱۷,۵۹	٪۱۲,۱۹	٪۳۰,۳۵	٪٦,۲۱	٪٤,۷۵	٪٤,٤۱	٪۱۰۰

جدول ۹- ماتریس وزن نسبی گزینه‌ها با توجه به شاخص ها

شاخص / گزینه	بهبود کیفیت محصول	افزایش سهم بازار	بهره‌وری	رضایت مشتریان	افزایش توان نوآوری	کاهش موجودی	مزیت رقابتی
الف	۰/۲٤۵	۰/۲۵٦	۰/۲۳	۰/۲۳٦	۰/۲۲۲	۰/۱۵۹	۰/۲۱٦
ب	۰/۱۲٤	۰/۱۵٤	۰/۱۹۳	۰/۱۵	۰/۱٤۵	۰/۱۱۱	۰/۱۸۳
ج	۰/۱۲۱	۰/۱۷	۰/۱۳٤	۰/۱۷۸	۰/۱۹۲	۰/۱۸۸	۰/۱۵
د	۰/٤۸٦	۰/۳۵۷	۰/۳٦۷	۰/۲۹۹	۰/۳٤۲	۰/٤۲٤	۰/٤۰٦
ه	۰/۰۲٤	۰/۰٦۳	۰/۰۷٦	۰/۱۳۷	۰/۰۹۹	۰/۱۱۸	۰/۰٤۵

اکنون وزن نسبی شاخص‌ها را در ماتریس وزن نسبی گزینه‌ها با توجه بر هر شاخص ضرب کرده و طبق آن گزینه‌ها را رتبه‌بندی می‌کنیم. بنابراین رتبه‌بندی گزینه‌ها مطابق نتایج جدول (۱۰) به صورت

ه < ب < ج < الف < د است.

جدول ۱۰- امتیاز نهایی گزینه‌ها

الف	ب	ج	د	ه
۰/۲۳٦	۰/۱٤۹	۰/۱۵۷	۰/۳۷۷	۰/۰۸۲

٦-٤- روش اسمارتر

هرچند که روش اسمارت[۷۳]، خود راه ساده‌ای برای اجرای اصول نظریه مطلوبیت چند شاخصه[۷٤] در عمل است اما با این وجود اجرای روش اسمارت زمان‌بر است. روش اسمارتر حالت خاصی از روش اسمارت است که در آن خبرگان فقط معیارها را رتبه بندی می‌کنند (با مقیاس رتبه‌ای) و وزن معیارها را مشخص نمی‌کنند. درواقع روش اسمارتر از وزن‌های رتبه‌ای برای حذف قضاوت‌های مشکل در روش اسمارتز[۷۵] استفاده می‌کند(اولسن، ۱۳۸۷). اهمیت نسبی اهداف بر مبنای ترتیب اهداف و با استفاده از روش مرکز ثقل محاسبه می‌شود (اولسن، ۱۳۸۷). باید توجه داشت محاسبه اوزان معیارها در روش‌های اسمارت و اسمارتز از پیچیدگی بیشتری نسبت به روش اسمارتر برخوردار است. لذا در این مقاله معیارها از طریق این روش وزن‌دهی می‌شوند، زیرا این روش به قضاوت زیادی احتیاج ندارد و همان‌گونه که قبلاً نیز ذکر شد فقط باید معیارها رتبه بندی شوند. پس از تعیین رتبه معیارها، وزن معیارها را می‌توان از فرمول شماره (۹) به‌دست آورد:

$$w_1 = \frac{1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\ldots+\frac{1}{k}}{k}\ ,\quad w_2 = \frac{0+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\ldots+\frac{1}{k}}{k}\ ,\ \ldots\ ,\quad w_k = \frac{0+0+0+\ldots+\frac{1}{k}}{k} \qquad (۹)$$

جمع کلیه وزن‌ها در این حالت برابر ۱ است. برای مثال وقتی تنها دو معیار وجود دارد وزن مهم‌ترین معیار برابر ۰/۷۵ و وزن معیار دیگر برابر ۰/۲۵ است. در صورت وجود سه معیار، وزن مهم‌ترین معیار تقریباً برابر ۰/٦۱، وزن معیار مهم‌تر بعدی تقریباً ۰/۲۸ و آخرین معیار تقریباً ۰/۱۱ است (اولسن، ۱۹۹۵). سپس مانند روش ساو می‌توان امتیاز هر گزینه را مشخص کرد.

جدول ۱۱-رتبه بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری با استفاده از وزن اسمارتر

رتبه	گزینه	امتیاز نهایی
۱	انعطاف‌پذیری در انتقال مواد (د)	۸۲/۵۵۵۳
۲	انعطاف‌پذیری در فرآیند ساخت (ج)	۷۸/۰٤۵۰
۳	انعطاف‌پذیری در تنوع محصول (ب)	۷۲/۰۱٤۳
٤	انعطاف‌پذیری در حجم تولید (الف)	٦۵/۷۹٤۵
۵	ادامه وضع موجود (ه)	۵/۵٦۹۹

همان‌طور که در جدول (۱۱) مشاهده می‌شود باز هم انعطاف‌پذیری در انتقال مواد به‌عنوان بهترین گزینه یا راهبرد و ادامه وضع موجود به عنوان نامناسبترین گزینه معرفی شده است. مانند روش‌های قبل، فاصله امتیاز نهایی آخرین گزینه با گزینه‌های موجود بسیار زیاد است. نتایج این روش تفاوتی اندکی با دو روش قبل دارد و آن هم اختلاف بر سر رتبه‌های سوم و چهارم است.

۶-۵- روش ترتیبی یا پرموتاسیون

این روش ترتیب‌های متوالی مختلف گزینه‌های تصمیم‌گیری را در نظر گرفته و بر طبق امتیاز هر ترتیب، بهترین ترتیب گزینه‌ها را مشخص می‌سازد. بنابراین اگر m گزینه تصمیم‌گیری وجود داشته باشد لازم است !m ترتیب گوناگون را در نظر گرفت. در این روش با m گزینه تصمیم‌گیری و n شاخص، ماتریس $D=\| r_{ij} \|$ را تشکیل داده و همچنین اوزان (w_j) شاخص‌ها توسط یکی از روش‌ها (مانند آنتروپی) محاسبه می‌شوند. به‌ازای شاخص‌های موجود (توسط یکی از الگوریتم‌های مطرح شده مانند آنتروپی) محاسبه می‌شود به‌طوری‌که $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1$ باشد. مراحل این روش بصورت زیر است (اصغرپور، ۱۳۸۷):

۱- ترتیب‌های ممکنه m گزینه موجود را تشکیل دهید.

۲- در هر مرحله یکی از ترتیب‌ها را انتخاب نموده و یک مجموعه فرعی هم‌آهنگ (S_{kl}) و یک مجموعه فرعی ناهم‌آهنگ (R_{kl}) به صورت زیر تشکیل دهید. مثلاً اگر $p_2 = \{A_1, A_3, A_2\}$ باشد خواهیم داشت:

$$S_{kl} = \{A_1 \geq A_3, A_1 \geq A_2, A_3 \geq A_2\}: \quad (۱۰)$$

مجموعه فرعی هم‌آهنگ

$$R_{kl} = \{A_1 \leq A_3, A_1 \leq A_2, A_3 \leq A_2\}: \quad (۱۱)$$

مجموعه فرعی ناهم‌آهنگ

۳- باتوجه به آنکه $A_k \geq A_i$ به این مفهوم است که گزینه A_k نسبت به گزینه A_l ارجحیت دارد و یا حداقل هم ارز آن است آنگاه واقعیت $r_{kj} \geq r_{ij}$ را با $+w_i$ و واقعیت $r_{kh} \leq r_{lh}$ را با $-w_h$ وزن‌دهی می‌کنیم.

۴- یک معیار (T_i) برای آزمون رتبه بندی ترتیب iام بصورت رابطه (۱۲) تشکیل می‌شود:

$$T_i = \sum_{j \in S'_{kl}} w_i - \sum_{j \in R'_{kl}} w_j \quad i = 1,2,\cdots,m! \quad (۱۲)$$

$$\rightarrow \begin{cases} S'_{kl} = \{j \mid r_{kj} \geq r_{ij}\}; \\ k,l = 1,2,\cdots,m : k \neq 1 \\ R'_{kl} = \{j \mid r_{kj} \leq r_{ij}\}; \\ k,l = 1,2,\cdots,m : k \neq 1 \end{cases}$$

یعنی مجموعه هم‌آهنگ S_{kl} (منشعب از S_{kl}) نشان‌دهنده زیرمجموعه حاصل از کلیه شاخص‌هایی است که برای آنها r_{ij} ≥ r_{kj} است و زیر مجموعه R_{kl} مشابهاً نشان‌دهنده مجموعه شاخص‌های ناهم‌آهنگ با رتبه بندی فرعی موجود از هر ترتیب iام است. حداکثر T_i به‌ازای جمیع مقادیر i، معرف مناسب‌ترین ترتیب اولویت بندی گزینه‌های موجود است.

با توجه به توضیحات ارائه شده، لازم است تمام ترتیبات ممکنه مورد بررسی قرار گیرند. از آنجا که حل دستی این روش از پیچیدگی خاصی برخوردار است و تا حدودی محاسبات آن گمراه کننده به نظر می‌رسد، به‌خصوص با افزایش تعداد گزینه‌ها و معیارها، تحلیل مسئله بسیار مشکل می‌شود. با استفاده از برنامه نوشته شده در مطلب، محاسبات این روش انجام می‌شود. داده‌های مورد نیاز برای این روش همان ماتریس تصمیم‌گیری (سنجش گزینه‌ها در قبال معیارها) و همچنین وزن معیارهاست. رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری مطابق این روش به شرح جدول (۱۲) است.

جدول ۱۲–رتبه بندی گزینه‌های انعطاف‌پذیری با روش پرموتاسیون

رتبه	گزینه	
۱	انعطاف‌پذیری در انتقال مواد (د)	
۲	انعطاف‌پذیری در فرآیند ساخت (ج)	
۳	انعطاف‌پذیری در تنوع محصول (ب)	
٤	انعطاف‌پذیری در حجم تولید (الف)	امتیاز
۵	ادامه وضع موجود (ه)	٤/۵۲۰

مشاهده می‌شود که این روش راهبرد انعطاف‌پذیری در انتقال مواد را بهترین راهبرد تشخیص داده است.

٦–٦– اضافه کردن یک معیار به معیارهای تحقیق

همان‌طور که در بخش‌های قبل نیز اشاره شد در پرسش‌نامه‌های تکمیل شده توسط مدیران و خبرگان شرکت برای تعیین معیارهای تحقیق اختلاف نظری مبنی بر در نظر گرفتن معیار هزینه سرمایه‌گذاری پدید آمد. برای تحلیل حساسیت روش‌های به‌کار گرفته شده، اکنون مسئله با ۸ معیار (۷ معیار قبلی به علاوه معیار هزینه سرمایه‌گذاری) مورد توجه قرار می‌گیرد. برای این کار در نرم‌افزار طراحی شده، یک بار معیارهای اشاره شده در بخش‌های و یک بار هم با افزودن معیار جدید. قبل تجزیه و تحلیل شده است با اضافه شده یک معیار به ورودی‌ها، ماتریس تصمیم‌گیری و ماتریس اوزان اهمیت هر معیار به شرح جداول (۱۳) و (١٤) تغییر می‌یابد.

جدول ۱۳– سنجش وضعیت هر گزینه تصمیم‌گیری نسبت به معیارها با اضافه شدن معیار هزینه سرمایه‌گذاری

معیارها / گزینه‌ها	۱	۲	۳	٤	۵	٦	۷	۸
الف	٦/۵۰	۸/۳۲	٤/۹۳	٦/۱۲	٦/٦۷	٤/۱٦	۷/۰۸	–۸/۷۱
ب	۵/٤۰	۷/۹۲	۵/۹٦	٦/۲۳	۵/۹۹	٦/۳۳	٦/٦۷	–٦/۷۱
ج	۵/۷۱	۷/۲۰	٦/۱۲	٦/۱۸	٦/۳۵	٦/٤۸	٦/۹۲	–۷/۸٦
د	٦/۸۹	٦/۲۷	۷/۷۵	٦/۰۲	٦/۵۹	٦/۹۱	٦/٦۷	–۸/٤۳
ه	۳/۷۳	۵/۳۲	۵/۲۹	٤/۲٤	۵/۰۰	۵/۵۱	۵/۳۵	–۱/۰۰

جدول ١٤–اوزان اولیه در نظر گرفته شده برای اهمیت معیارها با اضافه شدن معیار هزینه سرمایه‌گذاری

معیار	۱	۲	۳	٤	۵	٦	۷	۸
وزن	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/١٤

باید توجه داشت چون هزینه سرمایه‌گذاری، معیاری پولی است لذا اعداد واقع در ستون ۸ جدول (۱۳)، بیانگر مقدار سرمایه‌گذاری آن روش انعطاف‌پذیری (با توجه به نظر خبرگان) است که با علامت منفی نشان داده شده است، به این معنی که با افزایش آن، مطلوبیت معیار کاهش می‌یابد. با نگاه کلی به اعداد ستون معیار هزینه‌های سرمایه‌گذاری در ماتریس ورودی برنامه جدول (۱۳)، درمی‌یابیم که انعطاف‌پذیری در محصول و سپس انعطاف‌پذیری در انتقال مواد دارای هزینه‌های بیشتری ازبقیه گزینه‌ها هستند و از طرفی ادامه وضع موجود راهی است که

بدون درگیرشدن با هزینه سرمایه‌گذاری در FMS همراه خواهد بود.

نتایج هریک از روش‌های ذکر شده با اضافه شدن معیار هزینه سرمایه‌گذاری به شرح جدول(۱۵) است. در این جدول رتبه هر گزینه در داخل پرانتز و در زیر امتیاز هر گزینه نشان داده شده است. از طرفی مشاهده شد که در روش ترتیبی، بهترین ترتیب گزینه‌ها انعطاف‌پذیری در انتقال مواد، انعطاف‌پذیری در فرآیند ساخت، انعطاف‌پذیری در تنوع محصول، انعطاف‌پذیری در حجم تولید و بالاخره ادامه وضعیت فعلی است که امتیاز آن برابر ۳/۰۹۰ به‌دست آمد. از آنجا که با معیار هزینه سرمایه‌گذاری، ادامه وضع موجود هزینه زیادی در مقایسه با سایر گزینه‌ها نمی‌خواهد انتظار می‌رود که در روش ساو، امتیاز نهایی گزینه حفظ وضع موجود افزایش یابد. چنانکه در جدول (۱۵) نیز مشاهده می‌شود این وضعیت رخ داده است هرچند کماکان بدترین گزینه شناخته شده است. گزینه ادامه یا حفظ وضع موجود، در تمام ستون‌ها مقدار کمتری نسبت به سایر گزینه‌ها دارد جز در ستون مربوط به هزینه سرمایه‌گذاری. در نگاه اول به نظر می‌رسد که نباید نتیجه به این شدت تغییر یابد اما اگر به گام‌های روش تاپسیس دقت شود می‌بینیم که اختلاف به وجود آمده در نتایج به دلیل نحوه محاسبه امتیازها در این روش است. این اختلاف در مرحله‌ای از روش تاپسیس به وجود می‌آید که ماتریس‌های بهترین و بدترین ارزش‌ها ساخته می‌شود و سپس فاصله هر یک از ارزش‌ها با دو ماتریس قبل محاسبه می‌گردد.

جدول ۱۵–امتیاز و رتبه‌های هر گزینه تصمیم‌گیری با اضافه شدن معیار هزینه سرمایه‌گذاری

گزینه‌ها	روش ساو	روش تاپسیس	روش اسمارتر	روش پرموتاسیون
(الف)	۰/۷۸٤۲ (۳)	۰/٤٥٤۱ (٤)	٥۹/۹٦۰٦ (٤)	(٤)
(ب)	۰/۷۷۷۲ (٤)	۰/٤۰۳٦ (٥)	٦۳/۷۳۰۸ (۳)	(۳)
(ج)	۰/۸۱۲٥ (۲)	۰/٤٥٥٦ (۳)	٦۸/۳۹٦۷ (۲)	(۱)
(د)	۰/۸۲۸۸ (۱)	۰/٤٥۹۱ (۲)	٦۹/۲٥٤۱ (۱)	(۲)
(ه)	۰/۷۲۰٦ (٥)	۰/٥۲۹٤ (۱)	۱۹/۳۰۳٦ (٥)	(٥)

برای گزینه‌های "الف" تا "د" اختلاف با بهترین ارزش در همه معیارها به جز معیار هزینه سرمایه‌گذاری نسبتا اندک و اختلاف با بدترین ارزش هر ستون زیاد است اما وضعیت برای معیار (یا ستون) آخر متفاوت است. ازطرفی گزینه آخر در همه معیارها (به جز معیار هزینه سرمایه‌گذاری) از نظر میزان اختلاف با بهترین و بدترین ارزش دارای وضعیت نامناسب‌تری است. با اضافه‌شدن معیار هزینه سرمایه‌گذاری، تفاوت‌ها با بهترین و بدترین ارزش‌ها برای گزینه ادامه وضع موجود تغییر نمی‌کند اما اختلاف حاصل‌شده با بهترین ارزش برای گزینه‌های "الف" تا "د" بسیار زیاد است. برای محاسبه فاصله مربوط به هرگزینه همه اختلافات با یکدیگر جمع می‌شود و در نهایت می‌بینیم که این

گزینه (حفظ وضع موجود)، وضعیت بهتری نسبت به سایر گزینه‌ها دارد.

٦-٧- ادغام تکنیک‌ها

به‌دلیل اینکه در این تحقیق روش‌های مختلف تصمیم‌گیری، نتایج متفاوتی را داشت و تصمیم‌گیرنده نیازمند اخذ رتبه‌بندی واحد برای مسائلی از این دست است، برای تفوق بر این وضعیت از روش‌های ادغام(POSET) شامل روش میانگین رتبه‌ها، بردا و روش کپ‌لند در حالت اول و دوم مسئله، استفاده شده است (مومنی،١٣٨٧).

٦-٧-١- روش میانگین رتبه‌ها

این روش گزینه‌ها را براساس میانگین رتبه‌های بدست آمده از روش‌های مختلف MADM اولویت بندی می‌کند. با توجه به میانگین رتبه‌ها در جدول (١٦)، رتبه‌بندی گزینه‌ها در حالت اول مسئله به‌صورت زیر خواهد بود:

ه < ب < الف < ج < د

جدول ١٦- ادغام به‌روش میانگین

گزینه ها	روش‌های MADM					میانگین رتبه‌ها
	SAW	AHP	TOPSIS	SMARTER	Permutation	
الف	٣	٢	٣	٤	٤	٣/٢
ب	٤	٤	٤	٣	٣	٣/٦
ج	٢	٣	٢	٢	٢	٢/٢
د	١	١	١	١	١	١
ه	٥	٥	٥	٥	٥	٥

٦-٧-٢- روش بردا

این روش، براساس قاعده اکثریت استوار است. در این روش یک ماتریس بین گزینه‌ها تشکیل می‌شود و گزینه‌ها بصورت زوجی با هم مقایسه می‌شوند، اگر تعداد روش‌هایی که گزینه سطر را بر گزینه ستون ارجح می‌دانند بیشتر باشد کد M را در ماتریس قرار داده و اگر در این مقایسه زوجی رای اکثریت وجود نداشت و یا آرا با هم مساوی بودند با X کدگذاری می‌شود. در حقیقت M به منزله این است که سطر بر ستون ارجحیت دارد و X نشان دهنده این است که ستون بر سطر ارجحیت دارد. هر مقایسه زوجی به‌صورت جداگانه بررسی می‌شود و تعداد آن برابر $m(m-1)/2$ است. معیار اولویت در این روش تعداد بردهای گزینه یعنی تعداد M ها است.

جدول ١٧- ادغام به روش بردا

گزینه‌ها	الف	ب	ج	د	ه	$\sum C$
الف	-	M	X	X	M	٢
ب	X	-	X	X	M	٢
ج	M	M	-	X	M	٣
د	M	M	M	-	M	٤
ه	X	X	X	X	-	٠
$\sum R$	٢	٣	١	٠	٤	

بنابراین، طبق روش بردا، اولویت‌بندی گزینه‌ها در حالت اول مسئله به‌صورت زیر خواهد بود:

ه < ب = الف < ج < د

٦-٧-٣- روش کپ‌لند

این روش با پایان روش بردا شروع می‌شود. در روش کپ‌لند، نه تنها تعداد بردهای گزینه، مورد توجه قرار می‌گیرد، بلکه تعداد باخت‌های گزینه یعنی تعداد Mها در ستون‌ها نیز محاسبه می‌شود. امتیازی که کپ‌لند به هر گزینه می‌دهد، با کم‌کردن تعداد باخت-ها از تعداد بردها محاسبه می‌شود.

امتیاز گزینه الف = ۲-۲=۰

امتیاز گزینه ب = ۳-۲=۱-

امتیاز گزینه ج = ۱-۳=۲

امتیاز گزینه د = ۰-٤=٤

امتیاز گزینه ه = ٤-۰=٤-

بنابراین رتبه‌بندی گزینه‌ها در حالت اول مسئله، بصورت (ه < ب < الف < ج < د) خواهد بود.

پس از محاسبات مشابه برای حالت دوم مسئله با ۸ معیار تصمیم‌گیری، رتبه‌بندی ادغام شده و نهایی برای گزینه‌ها مشابه حالت اول مسئله است.

٦-٧-٤- ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن

برای محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن، ابتدا برای مقادیر متغیر x رتبه‌هایی از ۱ تا n با توجه به ترتیب و یا اندازه مقادیر آنها در نظر می‌گیرند و همین عمل را برای مقادیر صفت متغیر y هم انجام می‌دهند و به آنها هم رتبه‌هایی از ۱ تا n می‌دهند. سپس برای تمام زوج‌های (x_i, y_i) هر عضو نمونه، مربع تفاضل آن‌ها یعنی $d_i^2 = (x_i - y_i)^2$ را حساب می‌کنند و ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن را از رابطه (۱۳) بدست می‌آورند.

$$r_s = 1 - \frac{6\sum d_i^2}{n(n^2-1)} \qquad (۱۳)$$

برای آزمون معنی‌دار بودن ضریب همبستگی رتبه-ای r_s در سطح α، عدم همبستگی بین x و y یعنی $\rho = 0$ را فرض H_0 در نظر می‌گیرند. که در آن ρ ضریب همبستگی جامعه و r_s ضریب همبستگی نمونه است. برای مقادیر کوچک حجم نمونه یعنی n می‌توان از جدول معنی‌دار بودن ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده نمود (صالحی صدقیانی،۱۳۸۸).

رتبه‌بندی ادغام شده در دو حالت اول و دوم مسئله مشابه یکدیگر بدست آمد، ولی به‌دلیل اینکه روش تاپسیس با افزودن شاخص جدید متفاوت عمل کرد، لذا ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن بین نتایج دو حالت مسئله صرفا در رتبه بندی به روش تاپسیس بدست می‌آید و در سطح $\alpha = 0.05$ معنی دار بودن آن را بررسی می‌کنیم.

جدول ۱۸- آزمون ضریب همبستگی رتبه‌ای

گزینه ها	حالت اول= x_i	حالت دوم= y_i	$d_i = x_i - y_i$	$d_i^2 = (x_i - y_i)^2$
الف	۳	٤	-۱	۱
ب	٤	٥	-۱	۱
ج	۲	۳	-۱	۱
د	۱	۲	-۱	۱
ه	٥	۱	٤	۱٦
جمع کل			۰	۲۰

$$r_s = 1 - \frac{6\sum d_i^2}{n(n^2-1)} = 1 - \frac{6\times 20}{5(25-1)} = 0 \qquad (۱٤)$$

با مراجعه به جدول معنی‌دار بودن ضریب همبستگی اسپیرمن برای n=۵ و $\alpha = 0.05$مقادیر بحرانی ± 0.8 بدست می‌آید و چون r_s محاسبه شده مطابق رابطه(۱٤) در فاصله مذکور قرار دارد، بنابراین فرضیه دائر به عدم همبستگی(فرض H_0) رد نمی‌شود و لذا همبستگی بین نتایج رتبه‌بندی در دو حالت مسئله به روش تاپسیس وجود ندارد.

۷- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی گردید با وجود محدودیت‌هایی همچون شناسایی نمونه مورد مطالعه، نوبودن موضوع در ایران و مشکلات جمع‌آوری اطلاعات، رویکردهای مختلف اولویت‌بندی استراتژی‌های استقرار سیستم تولید انعطاف‌پذیر در یک شرکت تولیدکننده لوازم خانگی ارائه شود. از بدیهی‌ترین موارد کاربرد نتایج این تحقیق، استفاده از آن در اتخاذ تصمیم به‌منظور تخصیص منابع با در نظر گرفتن شاخص‌ها است. لازم به ذکر است که نتایج بدست آمده با نظر و انتظار اعضای شوراهای تخصصی- پژوهشی توافق خوبی نشان داده است. البته ارزیابی موثر فن‌آوری‌ها به قابلیت‌های مدیران فن‌آوری و دانش آن‌ها از ابزارهای مختلف و روش‌های موجود بستگی دارد. لازم است مدیران فن‌آوری با ابزارهای موجود آشنایی داشته باشند تا بتوانند درخصوص پذیرش یا اکتساب یک نوع خاص از فن‌آوری تصمیم‌گیری اثربخشی داشته باشند. انتخاب استراتژی انعطاف پذیری در انتقال مواد، توانمندی فرایند حمل و نقل مواد جهت حرکت قطعات متفاوت به‌طور کارا و اثربخش در سراسر سیستم تولید را به‌دنبال خواهد داشت.

نتایج حاصل از روش‌های مختلف در حالت اولیه مسئله، شباهت زیادی با یکدیگر دارند و می‌توان به یک اجماع کلی یعنی انتخاب انعطاف‌پذیری در انتقال مواد دست یافت. اما با افزودن معیار هزینه سرمایه‌گذاری، اجماع کلی وجود نداشت و اولویت‌بندی‌های متفاوتی بوجود آمد. در حالت دوم تفاوت به‌دلیل این است که معیار جدید برخلاف سایر معیارها از جنس هزینه است و همچنین اختلاف بین اعداد این ستون از تفاوت‌های اعداد در ستون‌های دیگر بیشتر است. از آنجائیکه روش‌های ساو و اسمارتر تحلیل ساده‌ای را انجام می‌دهند، این سادگی منجر به بروز خطا در تصمیم‌گیری می‌شود. در روش تاپسیس، چون از الگوریتم مناسبی برای حل مسائل استفاده می‌شود، اما به دلیل عدم یکنواختی تفاوت بین ارزش‌های ستون‌ها (یا معیارها)، روش مذکور دچار خطای اندازه‌گیری برای ماتریس‌های بهترین و بدترین ارزش‌های هرمعیار می‌شود. در نهایت روش پرموتاسیون، با تحلیل تک-تک ارزش‌های ماتریس تصمیم‌گیری و جمع اوزان گزینه برتر مقایسه‌ای جامع را ارائه می‌دهد و تمام ترتیب‌های ممکن را در نظر می‌گیرد. در نتیجه، روش پرموتاسیون نسبت به سایر روش‌ها قابلیت اطمینان بیشتری برای حل مسئله دوم تحقیق دارد. باید توجه داشت که تکنیک‌های تصمیم‌گیری نه‌تنها باید مکمل روش‌های قبلی باشند، بلکه لازم است این روش‌ها انعطاف‌پذیری لازم را برای مواجهه با حقایق جدید را دارا بوده و بتوانند ارزیابی سریعی از موقعیت اعلام نمایند. به‌منظور مرتفع کردن مسئله کاهش اعتبار روش DEA در این تحقیق می‌توان ورودی‌ها و خروجی‌های هر یک از واحدهای DMU را برای

۵ سال متوالی در نظر گرفت و هر سال هر واحد را مستقل از سال دیگر فرض کنیم، یعنی در عمل ۲۵ واحد در نظر بگیریم. ولی از آنجائیکه داده‌های مورد نظر صرفا برای یک سال در دسترس بود، لذا امکان استفاده از این ابتکار میسر نبود. لازم به ذکر است، نتایج آزمون فرضیات مطرح شده، فقدان همبستگی بین رتبه‌بندی نهایی در حالت اول و دوم مسئله را که بوسیله ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن در سطح معنی‌دار ۵ درصد صورت گرفته است، به اثبات می‌رساند و لذا تغییرات شاخص‌ها در دوحالت فوق مستقل از یکدیگر عمل خواهد کرد.

پیشنهاد ما برای تحقیقات آینده به‌کارگیری شاخص-های دیگری مانند عدم پذیرش سیستم جدید در بین کارکنان، بررسی اثرات تحریم اقتصادی در سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر و ... است. آخرین پیشنهاد برای تحقیقات آتی تست مدل و انجام متدولوژی در صنایع دیگر به‌منظور افزایش قابلیت کاربردی بودن این پژوهش است.

منابع

آذر،عادل و رجب زاده، علی،(۱۳۸۱)، "*تصمیم‌گیری کاربردی(رویکرد MADM)*"، تهران، نگاه دانش.

اصغرپور، محمد جواد، (۱۳۸۷)، "*تصمیم‌گیری های چند معیاره*"، چاپ ششم، تهران: دانشگاه تهران.

اولسن، دیوید، (۲۰۰٤)، "*روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره*"، چاپ اول، ترجمه: علی خاتمی فیروزآبادی، (۱۳۸۷)، تهران: مدیران امروز.

خورشید، صدیقه، کارولوکس، تسلیمی، محمد سعید، جعفرنژاد، احمد و بدیع، کامبیز، (۱۳۸۳)، "*رتبه بندی و انتخاب پروژه‌های تحقیقاتی تحت محیط فازی تصمیم‌گیری گروهی از طریق تکنیک تصمیم‌گیری تاپسیس*"، نشریه مدیریت فرهنگ سازمانی، سال دوم، شماره پنجم.

خاکی، غلامرضا، (۱۳۸۲)، "روش تحقیق در مدیریت"، تهران: مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی.

زارع مهرجردی، یحیی، رسایی، حسن و قاسمی گجوان، علی اکبر، (۱۳۸۹)، "ارزیابی تکنولوژی‌های پیشرفته تولید با استفاده از مدل ترکیبی برنامه‌ریزی احتمالی و تصمیم‌گیری چند معیاره فازی"، *نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید*، ٤(۲۱)

سرکیسیان، آلفرد، (۱۳۸۰)، "انعطاف‌پذیری تولید: مدل مفهومی ° فرا تحلیلی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی.

صالحی صدقیانی، جمشید و ابراهیمی، ایرج، (۱۳۸۸)، " تحلیل آماری پیشرفته"، چاپ چهارم، تهران: نشر هستان.

ماکویی، احمد، (۱۳۸٦)، "*تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره*"، چاپ اول، تهران: مهر و ماه نو.

مومنی، منصور، (۱۳۸۷)، "*مباحث نوین تحقیق در عملیات*"، چاپ اول، تهران: دانشگاه تهران.

مهرگان، محمدرضا، (۱۳۸۷)، "*مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها- DEA*"، چاپ دوم، تهران: دانشگاه تهران.

Albayrakoglu, M. (1996). "Justification of new manufacturing technology: a strategic approach using the analytic hierarchy process", *Journal of Production and Inventory Management*, 37 (1), 71˚76.

Badiru, A.B., Foote, B.L., and Chetupuzha, J. (1991). "A Multi-Attribute Spreadsheet Model for Manufacturing Technology Justification", *International Journal of Computers and Industrial Engineering*, 21 (1-4), 29-33.

CACI, (2008). "eTypes: user guide", London: CACI Limited

Gerwin, D. (1993). "Manufacturing flexibility: a strategic perspective", *Management Science*, 39 (4), 394-410.

Gerwin, D., and Kolodny, H. (1992). "Management of advanced manufacturing technology: strategy, organization, and innovation", *John Wiley and Sons*, New York.

Gupta, Y.P., and Somers, T.M, (1992), "The measurement of manufacturing flexibility", *European Journal of Operational Research*, 60 (2), 166-182.

Hosseini Nasab, H., Barak, S., Hosseini S.M., (2013), "Hybrid fuzzy knowledge based FMS facility layout with AGV using imperialist competitive algorithm and genetic algorithm", *International Journal of Industrial Engineering & Production Management*,.24 (1), 67-79.

Hwang, C.L., and Yoon, K. (1981). "Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications", *Springer*, Berlin Heidelberg.

Karsak, E.E., and Tolga, E. (2001). *"*Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Procedure for Evaluating Advanced Manufacturing System Investments*"*, *International journal of production economics*, 69, 49-64.

Karsak, E.E., and Kuzgunkaya, O. (2002). "A Fuzzy Multiple Objective Programming Approach for Selection of a Flexible Manufacturing System", *International journal of production economics*, 79, 101-111.

Kuula, M. (1993). "A risk management model for FMS selection decisions: A multiple-criteria decision-making approach", *Computers in Industry*, 23, 99˚108.

Khatami Firouzabadi, S.M.A., Henson, B., and Barnes, C. (2008). "A multiple stakeholders approach to strategic selection decisions", *International Journal of Computers and Industrial Engineering*, 58 (4), 851-865

Kochan, A, and Cowan, D (1986) "Implementing CIM" Computer Integrated Manufacturing, 1st edition, Springer, Berlin

Chang, D.S., and Tsou, C.S. (1993). "A Chance-Constriants Linear Programming Model on the Economic Evaluation of Flexible Manufacturing Systems*"*, *Journal of Production planning and Control*, 4, 159-165.

Chen, S.M. (1995). "Investment Justification of Advanced, Manufacturing Technology: an Empirical Analysis", *Journal of Engineering and Technology Management*, 12, 27-55.

Chou, S.Y., and Chang, Y.H. (2008). "A Decision Support System for Supplier Selection Based on Strategy-Aligned Fuzzy Smart Approach", *Expert System With Applications*, 34, 2241-2253.

Chuu, S.J. (2009). "Group Decision-Making Model using Fuzzy Multiple Attributes Analysis for the valuation of Advanced Manufacturing Technology*"*, *Fuzzy sets and systems*, 160, 586-602.

Crawford, M., and Benedetto, A.D. (2008). *"New Products management"*, McGraw-Hill, Singapore.

Datta, V., Sambasivarao, K.V., and Kodali, R. (1992). *"*Multi-Attribute Decision Model using the Analytical Hierarchy Process for the Justification of Manufacturing Systems*"*, *International journal of production economics*, 28, 227-234.

Dhavale, D.G. (1990). "A manufacturing cost model for computer-integrated manufacturing systems", *International Journal of Operations and Production Management*, 10, 5˚18.

D'Souza D.E., and Williams F.P. (2000). "Toward a taxonomy of manufacturing flexibility dimensions", *Journal of Operations Management*, . 18 (5), 577-593.

Duran, O., and Aguilo, J. (2008). *"*Computer-Aided Machine-tool, Selection Based on a Fuzzy-AHP Approach*"*, *Expert system with application*, 34, 1787-1794.

Elango, B., and Meinhart, W.A. (1994). "Selecting a flexible manufacturing system ˚ A strategic approach", *Journal of Long Range Planning*, 27, 118˚126.

Journal of engineering and technology management, 18, 157-184

Parthasarthy, R, Jason, Z, and Yin, P (1996) "Computer-integrated manufacturing and competitive performance moderating effects of organization-wide integration", *Journal of Engineering Technology Management*, 13, 83-110

Rao, R (2007) "Decision Making in the Manufacturing Environment", Sardar Vallabhbhai, *National Institute of Technology*, India

Perego, A, and Rangone, A (1998) "A reference framework for the application of MADM fuzzy techniques to selecting AMTS", *International Journal of Production Research*, 36, 437˚458

Sarkis, J (1997) "Evaluating flexible manufacturing systems using data envelopment analysis", *The Engineering Economist*, 43, 25˚46

Schönsleben, S (2007), "Techniques for Planning and Control Dependent on Different Types of Flexibility", *Centre for Enterprise Sciences BWI*, Department of Management, Technology, and Economics D-MTEC

Shivanand, HK, Benal, MM, Koti, V, (2006), "Flexible manufacturing system", New age international(P) Ltd, Publishers

Slagmulder, R, and Bruggeman, W (1992) "Investment justification of flexible manufacturing technologies: Inferences from field research", *International Journal of Operations Production Management*, 12, 168-186

Suresh, NC, and Kaparthi, S (1992) "Flexible automation investments: a synthesis of two multi-objective modeling approaches", *International Journal of Computers and Industrial Engineering*, 22, 257˚272

Suresh, N, and Meredith, J (1985) "Justifying multi-machine systems: An integrated strategic approach", *International Journal of Manufacturing Systems*, 4, 117-l 34

Swamidass, PM, and Wailer, MA (1991) "A classification of approaches to planning and

Kostal P, Velisek, K, (2011) "Flexible Manufacturing System", *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 53, 825-829

Kotzab, H, Bjerre, M, (2005) "Herbert Kotzab, Mogens Bjerre", *Copenhagen Business School Press*

Loréns, FJ, Molina, LM, and Verdú, AJ (2005) Flexibility of manufacturing systems, strategic change and performance", *International Journal of Production Economics*, 98, 273˚289

Meredith, JR, and Suresh, NC (1986) ″Justification Techniques for Advanced Manufacturing Technologies″, *International Journal of Production Research*, 24 (5), 1043-1057

Matta, A, Semeraro, Q (2005) "Design of Advanced Manufacturing Systems", *Springer*, New York, 10-12

Michael, H, Small, p, Injazz, J, and Chenb, B (1997), "Economic and strategic justification of AMT Inferences from industrial practices ", *International Journal of Production Economics*, 49, 65-75

Mohanty, RP, and Venkataraman, S (1993) "Use of the analytic hierarchy process for selecting automated manufacturing systems", *International Journal of Operations and Production Management*, 13 (8), 45˚57

Myint, S, and Tabucanon, MT (1994) "A multiple-criteria approach to machine selection for flexible manufacturing systems source", *International Journal of Production Economics*, 33, 121˚131

Olson, D (1995) "Decision aids for selection problems", *Springer-Verlag Book Company*, New York

Primrose, PL (1991), "Investment in manufacturing technology", *Chapman & Hall*, London, UK

Ordoobadi, SM, and Mulvaney, NJ (2001), ″Development of a Justification Tool for Advanced Manufacturing Technologies: System-Wide Benefits Value Analysis″,

justifying new manufacturing technologies", *International Journal of Manufacturing Systems*, 9, 181-193

Tabucanon, MT, Batanov, DN, and Verma, DK (1994) "A decision support system for multi-criteria machine selection for flexible manufacturing systems", *Journal of Computers in Industry*, 25, 131˚143

Talluri, S, Whiteside, MM,,and Seipel, SJ (2000) "A nonparametric stochastic procedure for FMS evaluation", *European Journal of Operational Research*, 124, 529˚538

Troxler, J W, and Blank, L (1989) "A comprehensive methodology for manufacturing system evaluation and comparisons", *Journal of Manufacturing Systems*, 8 (3), 175˚183

Upton, DM (1994) "The management manufacturing flexibility", *California Management Review*, 36 (2), 72-89

Vokurka, RJ, and O'Leary-Kelly, SW (2000) "A review of empirical research on manufacturing flexibility", *Journal of Operations Management*, 18 (4), 485-501

Wallsten, SJ (1998) "Rethinking the small business innovation research program", In: Branscomb, Keller (Eds), Investing in Innovation *MIT Press*, Cambridge, MA

Yurdakul, M (2004) "Selection of Computer ˚ Integrated Manufacturing Technologies using a Combined Analytic Hierarchy Process and Goal Programming Model", *Robotic and computer-integrated manufacturing*, 20, 329-340

Zelenvic, C (1990) "The methodology for design and of effective computer integrated manufacturing system , *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 7 (3/4), 279-290

پی‌نوشت

1 Flexible Manufacturing System (FMS)
2 Multi Attribute Decision Making (MADM)
3 Analytical Hierarchy Process (AHP)
4 Simple Additive Weighting (SAW)
5 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
6 Simple Multi-Attribute Rating Technique Exploiting Ranks (SMARTER)
7 Permutation
8 Aggregate Methods
9 Borda Method
10 Copeland Method
11 Computer Numerical Control (CNC)
12 Advance Manufacturing System (AMS)
13 Chen
14 Computer Aided Design (CAD)
15 Computer Aided Manufacturing (CAM)
16 Computer Aided Engineering (CAE)
17 Computer Aided Process Planning (CAPP)
18 Automated Storage & Retrieval System (AS/RS)
19 Flexible Manufacturing Cells (FMC)
20 Material Resource Planning (MRP)
21 Enterprise Resource Planning (ERP)
22 Parthasarthy
23 Upton
24 Gerwin
25 Vokurka and O'Leary
26 Chuu
27 Badiru
28 Payback Period (PP)
29 Return on Investment (ROI)
30 Internal Rate of Return (IRR)
31 Net Present Value (NPV)
32 Zelenvic
33 Thomas L. Saaty
34 Charnes
35 Cooper
36 Rohdes
37 Dhavel
38 Swamidass
39 Troxler and Blank
40 Slagmulder and Bruggeman
41 Karsak and Tolga
42 Chu
43 Kuzgunkaya
44 Ordoobadi and Mulvaney
45 Datta
46 Albayrakoglu
47 Mohanty and venkataraman
48 Rao
49 Kaparthi
50 Yurdakul
51 Myint and Tabucanon
52 Data Envelopment Analysis (DEA)
53 Sarkis
54 Talluri
55 Chang and Tsou

56 Perego and Rangone
57 Kuula
58 Elango and Meinhart
59 Michael
60 Lorens
61 Schönsleben
62 Chang and Wang
63 Almannai and Greenough
64 Faiure Mode and Effect Analysis (FMEA)
65 Quality Function Deployment (QFD)
66 Sethi and Sethi
67 D' Souza and Williams

** بنا به توافق به‌عمل آمده به دلیل پاره‌ای از ملاحظات از سوی شرکت تحت بررسی، از ذکر نام آن خودداری می‌کنیم.

70 MATLAB Software
71 Spearman rank correlation
72 Hwang and Yoonand
73 Simple Multi-Attribute Rating Technique (SMART)
74 Multi Attribute Utility Theory (MAUT)
75 Simple Multi-Attribute Rating Technique of Swing weights (SMARTS)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی