

کاربرد روش تصمیم‌گیری گروهی با معیار کیفی در ارزیابی

سیستم‌های انعطاف‌پذیر تولید (FMS)

محمود هوشمند (استادیار)

فرناز برزین پور (دانشجوی دکترا)

دانشکده مهندسی صنایع

دانشگاه صنعتی شریف

در این نوشتار، به منظور تجزیه و تحلیل کاربرد سیستم‌های انعطاف‌پذیر تولید، به بررسی روش‌های سنتی موجود در این زمینه خواهیم پرداخت. این روش‌ها به علت عدم توجه به معیارهای کیفی از اهمیت کمتری برخوردارند. بنابراین در روش‌های جدید، روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی، سیستم‌های خبره و فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی (AHP) بررسی و مزایا و معایب هر یک مشخص می‌شود. در پایان با معرفی «روش تصمیم‌گیری گروهی با معیار کیفی»، نحوه‌ی به‌کارگیری این ساختار در ارزیابی سیستم‌های انعطاف‌پذیر تولید مشخص می‌شود.

مقدمه

استفاده از فناوری‌های پیشرفته، از مهم‌ترین مسائل مطرح در جوامع صنعتی است. این فناوری‌ها، به‌همراه مزایای متعدد، گام مؤثری در افزایش قدرت رقابت، ارتقاء بهره‌وری، پیشبرد برنامه‌های راهبردی شرکت‌ها و در نهایت حضور موفق در بازارهای بین‌المللی به‌شمار می‌آیند.

بعدهی، ابتدا روش‌های ارزیابی FMS را معرفی می‌کنیم و پس از اشاره به نارسایی روش‌های مطرح در تجزیه و تحلیل FMS، به بررسی فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی (AHP) در بین روش‌های جدید می‌پردازیم. همچنین روش جدید ارزیابی FMS، موسوم به «تصمیم‌گیری گروهی با معیارهای کیفی» را معرفی خواهیم کرد.

طبق مستندات موجود، رشد استفاده و بهره‌گیری از سیستم‌های پیشرفته‌ی تولید در صنعت، در حد انتظار نبوده است. یکی از علل عمده‌ی این موضوع ناتوانی متخصصان مربوطه در متقاعدکردن مدیران به پرداخت هزینه‌های گزاف این سیستم‌هاست. متأسفانه روش‌های متداول اقتصاد مهندسی و حسابداری صنعتی به‌عنوان ابزارهای سنتی متخصصان در توجیه سرمایه‌گذاری، صرفاً معیارهای ملموس و قابل اندازه‌گیری را — بدون توجه به معیارهای کیفی — به‌عنوان بخشی از سود بررسی می‌کنند. در نتیجه در اغلب موارد، هزینه‌های این سرمایه‌گذاری توجیه نمی‌شود.

سیستم انعطاف‌پذیر تولید

سیستم انعطاف‌پذیر تولید یکی از کارآمدترین روش‌ها برای کاهش یا حذف مشکلات فرایند تولید است. تعاریف متعددی برای سیستم‌های انعطاف‌پذیر تولید آورده شده است که در بسیاری از موارد بستگی به نقطه‌نظرات کاربر نهایی در مورد اجزاء تشکیل‌دهنده و نحوه‌ی عملکرد آن دارد. FMS انعطاف‌پذیری بیشتری را برای تطبیق با شرایط متغیر بازار و تولید ترکیبات مختلف محصول، بدون سرمایه‌گذاری اضافی فراهم می‌کند.

صنایع کشور ما نیز ناگزیرند برای مطرح‌کردن خود در عرصه‌های جهانی، و حتی در بین رقبای داخلی، از فناوری‌های جدید تولید استفاده کنند. به نظر می‌رسد از آنجا که سیستم‌های انعطاف‌پذیر تولید (FMS)، به دلیل آنکه واسطه‌های مناسبی برای تبدیل تولید سنتی در حجم‌های زیاد و تنوع کم به تولید در حجم‌های کوچک با تنوع زیاد هستند، قابلیت گسترش کاربرد را دارند.

در مورد نصب اولین سیستم انعطاف‌پذیر تولید در ادبیات مربوط به آن، به تاریخ‌های مختلفی اشاره شده است. به عقیده‌ی گروور اولین سیستم انعطاف‌پذیر تولید در حدود سال ۱۹۶۷ برای انجام عملیات ماشین‌کاری خانواده‌های قطعات با استفاده از ماشین‌افزارهای NC در ایالات متحده نصب شد.^[۱]

سه نمونه از تعاریف متعددی که برای سیستم‌های انعطاف‌پذیر تولید ارائه شده عبارت است از:

— مجموعه‌ی از ماشین‌افزارهای خودکار با تجهیزات ساخت مرتبط، سیستم خودکار حمل و نقل مواد، کنترل سلسله‌مراتبی

در این تحقیق سعی بر این است که ضمن معرفی انواع FMS، تأثیر چندجانبه‌ی این سیستم تولید را نیز بررسی کنیم. در بخش‌های

انعطاف در ترکیب محصول: دامنه‌ی محصولاتی که سیستم تولید می‌تواند بدون افزودن تجهیزات، سرمایه‌ی عمده تولید کند. این نوع انعطاف‌پذیری زمان اجرای طرح تولید محصول جدید یا اصلاح عمده در محصول فعلی را کاهش می‌دهد و بر تعداد خانواده‌های محصول می‌افزاید.

اهمیت استفاده از FMS برای ارتقاء قدرت رقابت شرکت‌ها کاملاً پذیرفته شده و با توجه روزافزون به امور رقابت در دنیای تولید، شاهد مطرح شدن موضوع انعطاف‌پذیری و اهمیت آن در رقابت و نوآوری در دهه‌ی ۱۹۹۰ هستیم. با این وجود، مدیریت انعطاف‌پذیری به غیر از موارد استثنایی به طور ضعیف درک شده و اغلب شرکت‌ها به امید حل مشکلات سازمانی خود، منابع مناسب سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پیشرفته را بدون برنامه‌ریزی تخصیص می‌دهند. این‌گونه سرمایه‌گذاری در FMS، احتمالاً منجر به نتایج ضعیف و دور از انتظار خواهد شد.

توانایی شرکت‌ها در بهره‌گیری از مزایای FMS به شدت متفاوت است. عدم توجه به درجه و نوع انعطاف‌پذیری مورد نیاز و قابلیت شرکت در تطبیق با آن احتمالاً منجر به سه حالت نامطلوب زیر خواهد شد:

۱. سرمایه‌گذاری برای انعطاف بیش از حد لازم؛
۲. سرمایه‌گذاری برای نوعی انعطاف که مورد نیاز نیست؛
۳. سرمایه‌گذاری برای انعطاف کمتر از حد لازم.

طبقه‌بندی سیستم‌های انعطاف‌پذیر تولید (FMS)

طبق تعریفی که قبلاً ارائه شد، FMS مجموعه‌ی از ایستگاه‌های عملیاتی، سیستم حمل و نقل خودکار مواد و انبار، و سیستم یک‌پارچه‌ی رایانه‌ی است.

در شرایط واقعی صنعت، FMS را می‌توان به صورت کلی در چهار سطح طبقه‌بندی کرد. ویژگی‌های این سیستم‌ها در جدول ۱ آمده است:

۱. ماشین‌افزار NC سنتی به صورت تکی؛
۲. سلول ماشین‌کاری NC مجزا یا سلول کوچک؛
۳. سلول جامع چندماشینی؛
۴. سلول تولید انعطاف‌پذیر.

مزایای استفاده از FMS

مجموع تأثیرات سیستم‌های انعطاف‌پذیر تولید بر اجزاء تولید، موجب بهبودهایی در مسائل راهبردی شرکت خواهد شد که

رقمی رایانه‌ی و برنامه‌ی از پیش تعیین شده‌ی که به صورت مشترک اعمال می‌شود. ساخت یا مونتاژ تصادفی قطعات متعلق به خانواده‌های تعریف شده در این مجموعه پیش‌بینی شده است.

مجموعه‌ی از ماشین‌افزارهای NC که می‌توانند گروهی از قطعات را به طور تصادفی تولید کنند و دارای سیستم حمل و نقل خودکار مواد و کنترل رایانه‌ی مرکزی به منظور تعادل دینامیکی کاربری منابع است. در نتیجه، این سیستم می‌تواند به صورت خودکار با تغییرات تولید، ترکیب آن و سطوح مختلف تولید قطعات تطبیق کند.

فرایندی تحت کنترل برای تولید انواع قطعات یا محصولات در محدوده‌ی توانایی فرایند و با برنامه‌ی از پیش تعیین شده.

در حقیقت FMS از تعدادی ایستگاه عملیاتی (عمدتاً ماشین‌افزارهای CNC) تشکیل شده که توسط سیستم حمل و نقل خودکار مواد و انبار به هم مرتبط شده و به وسیله‌ی سیستم یک‌پارچه‌ی رایانه‌ی کنترل می‌شوند. طبق این تعریف می‌توان FMS را به سه جزء اصلی زیر تقسیم کرد.

۱. ایستگاه‌های عملیاتی؛

۲. حمل و نقل مواد و نگهداری؛

۳. سیستم کنترل رایانه‌ی.

جزء ضروری دیگر FMS، نیروی انسانی است که هدایت عملیات سیستم را به عهده دارد. وظایف این بخش شامل وارد کردن قطعات خام به سیستم، خارج کردن قطعات تمام شده (یا مونتاژ شده) از سیستم، تغیر و تنظیم ابزار، تعمیر و نگهداری تجهیزات، برنامه‌ریزی NC و کار با سیستم رایانه‌ی است.

انواع انعطاف‌پذیری

انعطاف‌پذیری حاصل از خودکاری، ویژگی اصلی FMS است. انعطاف معمولاً در حالت کلی به معنی سهولت تنظیم مجدد سیستم برای فرایند مجموعه‌ی از قطعات است. اما به بیان دقیق‌تر، به کارگیری FMS می‌تواند انواع انعطاف‌پذیری را به دنبال داشته باشد که مهم‌ترین آنها به شرح زیر است: [۲] و [۳]

انعطاف در طراحی: منظور سادگی در افزودن یا جایگزینی قطعات موجود با قطعات جدید است، به اندازه‌ی که قطعات در حال تولید فعلی بتوانند به سرعت و با قیمت ارزان تغیر کنند.

انعطاف در حجم: عملکرد سودآور یک سیستم تولید در سطوح مختلف خروجی نهایی. این ویژگی را انعطاف در تقاضا یا تحویل نیز می‌گویند.

جدول ۱. ویژگی‌های انواع سیستم‌های انعطاف‌پذیر تولید

نوع سیستم	ویژگی
ماشین‌افزار NC سنتی به صورت تکی	— ذخیره‌ی محدود — تعویض‌کننده‌ی خودکار ابزار — نسبت ۱:۱ بین ماشین و کارگر (به‌طور سنتی).
سلول ماشین‌کاری NC مجزایا سلول کوچک	— دارای تعویض‌کننده‌ی خودکار قطعات — پالت یا نقاله و سیستم بازوی روباتیک نصب شده — قابلیت ذخیره‌ی ابزارهای متعدد.
سلول جامع چندماشینی	— دارای ماشین‌افزارهای متعدد فلزکاری — وجود صف قطعات در مقابل هر ماشین یا ورودی سلول — خدمات‌رسانی با یک روبات حمل و نقل مواد.
سلول تولید انعطاف‌پذیر	— وجود چندین ماشین — حرکت خودکار قطعات روی پالت به صورت تصادفی — کنترل مرکزی رایانه‌ی با نرم‌افزارهای پیچیده.

عبارت‌اند از: [۴ و ۵]

— افزایش قدرت رقابتی، در اثر تطابق با نیازهای بازار (به‌علت انعطاف)، بهبود کیفیت، کوچک‌شدن دسته‌ها، رشد خلاقیت و نوآوری؛

— بهبود عملکرد کل سیستم، از طریق برقراری ارتباط بین بخش‌های مختلف تولید، کاهش هزینه‌ها، افزایش سود، افزایش سرعت گردش سرمایه، کاهش موجودی‌های نیمه‌ساخته، و در نتیجه کاهش هزینه‌های موجودی؛

— بهبود کیفیت محصول، از طریق بهبود فرایندها، نیاز به دقت بیشتر در انتخاب مواد اولیه‌ی مرغوب، کاهش ضایعات و دوباره‌کاری‌ها، کاهش دخالت نیروی انسانی در عملیات؛

— افزایش ظرفیت واقعی تولید، در نتیجه بهره‌گیری بهتر از زمان تلف‌شده در تولید، امکان تولید در شیفت‌های شب و روزهای تعطیل، افزایش کارایی عملیات و هماهنگی عملیات؛

— کاهش مواد نیمه‌ساخته، از طریق کاهش حجم دسته‌های تولیدی منطبق با نیاز بازار؛

— کاهش زمان تحویل، در نتیجه بهره‌گیری از دسته‌های کوچک تولیدی و برنامه‌ریزی بهتر.

نکته‌ی قابل ذکر این است که کمبودهای فوق در نهایت منجر به افزایش سود شرکت می‌شوند. اما مشکل می‌تواند سهم تمامی آنها را در سود برآورده کند. چرا که بسیاری از این عوامل کیفی‌اند و قابل کمی‌شدن و تبدیل به پول نیستند.

محدودیت‌ها و معایب FMS

طرح مزایای FMS نباید این ابهام را ایجاد کند که چنین سیستم‌هایی

بر هر شرکت و در هر موقعیتی صرفاً اثرات مثبتی بر جای می‌گذارند. بلکه باید این واقعیت را متذکر شد که هر فناوری جدید مسلماً مشکلاتی را نیز به دنبال خواهد داشت.

لازم به ذکر است که علت اصلی بیشتر معایبی که ذکر خواهد شد فقدان رویکردها و برنامه‌های جامع برای انتخاب صحیح سیستم مناسب با نیازهای صنعت، تجارب و قابلیت‌های شرکت، عدم اجرای درست مراحل نصب، بی‌توجهی به سایر تغییرات مورد نیاز و یا ناشی از آن، عدم ایجاد هماهنگی بین سیستم جدید و سیستم موجود است. اهم معایب و مشکلات به کارگیری FMS عبارت‌اند از:

۱. خودکاری انعطاف‌پذیر منجر به حذف برخی مشاغل و بیکاری نیروی انسانی خواهد شد؛ زیرا معمولاً اشتغال‌زایی حاصل از خودکاری (که در درازمدت از مزایای آن محسوب می‌شود) کندتر از جایگزینی انسان توسط ماشین صورت می‌گیرد.

۲. کاهش نیاز به کارگران ماهر با سپردن کار آنها به ماشین اگر بدون برنامه‌ریزی برای ارتقاء سطح دانش چنین کارگرانی صورت گیرد، منجر به کاهش سطح فعالیت آنها و روی آوردن به کارهای ساده‌تر می‌شود.

۳. تفاوت نصب سیستم‌های جدید و قدیم و بی‌توجهی به این امر باعث ایجاد تصورات ذهنی دور از واقعیت در مورد کارایی و تأثیرات سیستم جدید می‌شود.

۴. هزینه‌ی بالای خریداری و نگهداری FMS ممکن است عامل بازدارنده باشد.

۵. تلفیق سیستم جدید با سیستم موجود، گاهی علاوه بر حل نکردن مشکلات فعلی شرکت، مسائل جدیدی به وجود می‌آورد.

در بخش‌های قبلی به معرفی مختصر FMS و ویژگی‌های آن پرداختیم. در بخش‌های بعدی به نحوه‌ی ارزیابی و توجیه این سیستم‌ها می‌پردازیم.

تجزیه، تحلیل و توجیه FMS

سیستم‌های انعطاف‌پذیر از ابتدای طراحی تا نصب و درحین استفاده، سرمایه‌گذاری سنگینی را می‌طلبد. در نتیجه شرکت‌ها تمایل دارند تأثیرات چنین سرمایه‌گذاری را پیش از اقدام به نصب به صورت ملموس و مستدل در اختیار داشته باشند. این امر مقایسه‌ی FMS با سیستم‌های سنتی فعلی را اجتناب‌ناپذیر می‌کند.

با افزایش کاربرد FMS، به تدریج ویژگی‌ها و نوع تأثیرات این سیستم‌ها بر محیط داخلی و خارجی شرکت بیشتر مورد توجه قرار گرفت. با روند پیشرفت روش‌های توجیه، به تدریج بحث‌هایی چون ویژگی‌ها یا معیارهای کیفی، ملاحظات راهبردی، رقابت، کیفیت، و انعطاف‌پذیری جای خود را در ادبیات باز کردند.

—را شامل می‌شوند.

خط‌مشی کل شرکت مجموعه‌بی است از چندین راهبرد مانند تجارت و تولید. ضامن موفقیت هر واحد تولیدی همسویی خط‌مشی‌های جزئی آن با خط‌مشی‌های کل شرکت است.

استفاده از FMS نیز می‌تواند یکی از خط‌مشی‌های شرکت باشد. پس برای رسیدن به سیستمی هماهنگ با تأثیرات هم‌افزا بین اجزاء آن، انتخاب FMS باید با توجه به نیازها و شرایط و همسو با خط‌مشی تولید و خط‌مشی کل شرکت باشد.

۳. توجیه FMS مسئله‌ی تصمیم‌گیری گروهی است. [۸ و ۹]

هنگام نصب FMS هر قدر درجه‌ی ارتباط سیستم مورد نظر با دیگر بخش‌های سازمان بیشتر باشد، میزان درگیری بخش‌های مختلف با تغییرات حاصل از آن بیشتر خواهد شد. مشارکت مدیران، سرپرستان و کارشناسان بخش‌های مختلف شرکت در توجیه سیستم، مزایای زیر را به دنبال خواهد داشت:

- ضمانت اجرای هماهنگ، پذیرش همگانی و حمایت مداوم از سیستم؛
- آشنایی بخش‌های مختلف سازمان با مسائل و مشکلات یکدیگر و در نتیجه جلوگیری از تصمیمات یک‌جانبه و مقاومت‌های احتمالی در مقابل تغییرات؛
- کاهش انحراف اولویت معیارهای تصمیم‌گیری، از آنچه در واقعیت موجود است؛
- با پیچیده‌تر شدن سیستم و افزایش مسائل و مشکلات، دامنه‌ی تصمیم گسترش یافته و از محدوده‌ی تصمیم‌گیری فردی خارج می‌شود.

۴. تصمیم‌گیری برای توجیه FMS نیاز به درگیر شدن و حمایت قوی مدیریت ارشد دارد.

تعهد و برنامه‌ریزی مدیریت در روند موفقیت کلی یک برنامه‌ی پیشرفت خودکار تأثیر به‌سزایی خواهد گذاشت. نصب FMS در مقیاس وسیع، یک تعهد هزینه‌زا و پرخطر است که معمولاً برگشت سرمایه‌ی صرف شده برای آن نیازمند زمان طولانی است. جلوگیری از مشکلات ناشی از طولانی شدن زمان، هدایت و تداوم برنامه‌ها و نیز هماهنگی بخش‌های مختلف با یکدیگر و ایجاد تغییرات ضروری از وظایف مدیریت است.

مروری بر روش‌های ارزیابی FMS

روش‌های توجیه و ارزیابی FMS را می‌توان به دو دسته‌ی روش‌های سنتی و روش‌های جدید تقسیم‌بندی کرد. روش‌های سنتی

به‌طور کلی توجیه FMS نوعی مسئله‌ی تصمیم‌گیری گروهی است که باید جایگاه آن در انواع رویکردهای تصمیم‌گیری مشخص شده و سپس معیارهای بهترین رویکرد حل مسئله تعیین شود.

ویژگی‌های توجیه FMS

۱. توجیه FMS مسئله‌ی تصمیم‌گیری چندمعیاره است. [۵ و ۶]

با توجه به ویژگی‌های نصب FMS، این موضوع کاملاً واضح و مشخص است که بررسی مسئله تنها از یک جنبه، چنانچه در رویکردهای قدیمی متداول بوده است، نمی‌تواند تمام مزایا و نارسایی‌های تأثیرات نصب را بر سیستم موجود نشان دهد. اصولاً معیارهای تصمیم‌گیری را به چند دسته طبقه‌بندی می‌کنند:

— معیارهای کمی و کیفی؛

— معیارهای راهبردی، تاکتیکی و عملیاتی؛

— معیارهای فنی، اقتصادی و اجتماعی.

- معیارهای کمی، معیارهایی هستند که برحسب یک واحد مشخص، مثلاً واحد پول اندازه‌گیری می‌شوند. هزینه‌های مختلف تولیدی نمونه‌ی از این نوع معیارهاست.
- معیارهای کیفی، برحسب واحدهای مشخص قابل اندازه‌گیری نیستند؛ مانند کیفیت، انعطاف‌پذیری، بهبود روابط انسانی.
- معیارهای راهبردی در بررسی عملکرد طولانی‌مدت شرکت استفاده می‌شوند؛ مانند سهم قابل کسب بازار که معمولاً کیفی‌اند.
- معیارهای تاکتیکی با بررسی عملکرد کوتاه‌مدت شرکت سروکار دارند؛ مانند کاهش هزینه‌ی مواد، کاهش موجودی و...
- معیارهای عملیاتی با امور روزمره و جاری شرکت سروکار دارند؛ مانند توقف کوتاه‌مدت دستگاه و کنترل تولید.
- معیارهای فنی شامل نیازهای عملیات، نیازهای طرح استقرار و خصوصیات محصول.
- معیارهای اقتصادی شامل کاهش نیروی انسانی، تغییرات انرژی و هزینه‌های نصب.
- معیارهای انسانی شامل عوامل انسانی درگیر؛ مانند اپراتور، سرپرست، مهندسان و مدیریت.

۲. توجیه FMS مسئله‌ی تصمیم‌گیری راهبردی است. [۴ و ۵]

اصولاً تصمیم‌گیری در سطح شرکت‌ها را می‌توان به سه دسته‌ی راهبردی، تاکتیکی و عملیاتی تقسیم کرد. بحث درباره‌ی FMS در حوزه‌ی مدیریت راهبردی قرار می‌گیرد. تصمیمات راهبردی به‌طور کلی طولانی‌مدت هستند و موضوعات بالا به پایین — مانند ارتقاء فناوری، ایجاد سرمایه، مدرن‌سازی صنعت و موقعیت رقابتی شرکت

نرخ بازگشت^۶ (ROI)

این روش در مقایسه با سایر روش‌ها متداول‌ترین روش برای ارزیابی عملکرد در اغلب شرکت‌ها بوده است. فرمول محاسباتی آن به صورت زیر است:

$$ROI = \frac{\text{سود خالص}}{\text{کل دارایی}}$$

در حقیقت نرخ بازگشت را می‌توان از معادل قرار دادن PWA و PWC نیز محاسبه کرد.

نسبت منافع به مخارج^۷

در این روش، نسبت ارزش فعلی منافع به ارزش فعلی هزینه‌ها (PWB/PWC) محاسبه می‌شود. اگر این نسبت بزرگ‌تر از ۱ باشد، گزینه قابل قبول و اگر کوچک‌تر از ۱ باشد، گزینه مردود است.

اشکالات موجود در روش‌های اقتصاد مهندسی

الگوی تولید نسبی در شرکت‌های مختلف نسبت به قبل تغییر کرده است. در گذشته بیشتر تولید با حجم بالا و تنوع کم محصول مد نظر بود. این در حالی است که در حال حاضر توجه اغلب سیستم‌های تولیدی به تنوع زیاد و حجم کم است. باید برای برطرف کردن نیاز مشتریان، محصولات و خدماتی ارزان قیمت با کیفیت بالا تولید کرد. در این راستا روش‌های اقتصاد مهندسی در ارزیابی طرح‌های مختلف جوابگو نیست. به طور کلی ضعف‌های اقتصاد مهندسی را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

۱. عدم واقع‌گرایی نسبت به اهداف چندگانه؛
۲. عدم منظورکردن عوامل غیر پولی در محاسبات تصمیم‌گیری؛
۳. عدم هماهنگی و سازگاری با عدم قطعیت‌های محیط و تخمین خطاها؛
۴. نادیده گرفتن تأثیرات سیستم‌های جدید در عملکرد کل سیستم؛
۵. عدم استفاده از پارامترهایی که به سختی کمی می‌شوند؛
۶. تنها از طریق رویکردهای ریاضی مسئله را بررسی و از ملاحظات راهبردی چشم‌پوشی می‌کند؛
۷. عدم در نظر گرفتن ارزش زمانی پول در برخی از روش‌ها.

ایرادات وارد بر حسابداری سنتی

در طول تاریخ تولید، مدیریت به دنبال ابزاری برای محاسبه دقیق قیمت محصول بوده است. ابزار سنتی مدیران برای محاسبه هزینه‌ها، فعالیت حسابداری هزینه بوده است. تغییرات سیستم‌های جدید بر هزینه‌های تولید نیز تأثیر گذاشته و باعث ناتوانی حسابداری سنتی در برخورد با مسائل جدید شده است. به عنوان نمونه سیستم

محاسبه‌ی انواع معیارهای اقتصاد مهندسی و حسابداری را شامل می‌شوند. روش‌های جدید عمده‌تاً جزو مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره محسوب می‌شوند. پس از معرفی هر گروه، مزایا و معایب آنها مشخص شده و روش‌ها با هم مقایسه می‌شوند.

روش‌های سنتی تحلیل سرمایه‌گذاری تولید

روش‌های مختلف اقتصاد مهندسی برای تحلیل تصمیم‌گیری بین گزینه‌های مطرح در ادبیات موضوع طرح شده است. در این بخش متداول‌ترین این گزینه‌ها شامل ارزش فعلی، جریان نقدی معادل یکنواخت سالانه، دوره‌ی برگشت، نرخ برگشت، و نسبت منافع به مخارج مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

ارزش فعلی^۸ (PWA)

در این روش جریان‌های نقدی گزینه‌های مختلف برای سرمایه‌گذاری تولید را در حال حاضر به دست آورده و آنها را با هم مقایسه می‌کنیم. این روش عمده‌تاً برای ارزیابی مالی اولیه در ارتباط با پیشنهادها سرمایه‌گذاری و رتبه‌دهی آنها به کار می‌رود. ارزش فعلی (PWA) کلاً معیاری برای تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری کوچک و ارزان قیمت است.

طول دوره‌ی تحلیل در PWA بر اساس طول عمر گزینه‌ها انتخاب می‌شود. در صورت تساوی طول عمرها، دوره‌ی تحلیل برابر عمر گزینه‌ها و در صورت عدم تساوی از کوچک‌ترین مضرب مشترک عمر استفاده می‌شود.

جریان نقدی سالانه‌ی یکنواخت^۹ (UAC)

در این روش کلیه‌ی جریان‌های نقدی به سری‌های معادل یکنواخت با پرداخت‌های معادل سالانه تبدیل می‌شوند. روش UAC برای مقایسه‌ی گزینه‌هایی با طول عمر اقتصادی متفاوت به روش PWA ترجیح داده می‌شود.

دوره‌ی برگشت^{۱۰} (PPA)

این روش طول زمان مورد نیاز برای جبران سرمایه‌گذاری اولیه یا هزینه‌ی اولیه را در نرخ بهره‌ی صفر تعیین می‌کند. دوره‌ی برگشت از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{دوره‌ی برگشت} = \frac{\text{هزینه‌ی اولیه‌ی پروژه}}{\text{مزایای خالص یکنواخت در دوره}}$$

هرچه نسبت فوق کوچک‌تر باشد، سرمایه‌گذاری مطلوب‌تر است. این روش در مقایسه با سایر روش‌ها مطلوبیت کمتری دارد.

جدول ۲. روش امتیازدهی

گزینه‌ی B				گزینه‌ی A				گزینه‌ها
نامطلوب		مطلوب		نامطلوب		مطلوب		
-۲	-۱	+۱	+۲	-۲	-۱	+۱	+۲	عامل تصمیم‌گیری
●						●		تأثیر بر فروش سالانه
		●	●		●	●		در دسترس بودن نیروی انسانی
			●		●			کیفیت محصول
	●	●	●			●		هزینه‌ی سرمایه‌گذاری
	●				●			کاهش موجودی

مختلف و مستقل را در یک تابع خطی برای رسیدن به کل امتیاز برای هر گزینه، تلفیق و ارزیابی می‌کنند. [۴]

گزینه‌هایی با بیشترین امتیاز حاصل از رابطه‌ی زیر ترجیح داده می‌شود. شکل کلی مدل به صورت زیر است:

V_j : امتیاز زامین گزینه؛

w_i : وزن تخصیص داده شده به آیین معیار تصمیم ($1 \leq i \leq n$)

X_{ij} : نرخ تخصیص داده شده به آیین معیار که حداکثر مطلوبیت عملکرد گزینه‌ی j در ارتباط با این معیار را منعکس کند.

مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی

چنانچه اشاره شد، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در توجیه مسئله‌ی گزینش سیستم‌های جدید تولید به کار می‌روند. این مدل‌ها از شکل خیلی ساده‌ی خطی با متغیرهای عدد صحیح صفر و یک تا مدل‌های نسبتاً پیچیده‌ی برنامه‌ریزی آرمانی ارائه شده‌اند. در ادامه دو مدل از «برنامه‌ریزی با عدد صحیح صفر و یک» و «برنامه‌ریزی آرمانی» شرح داده می‌شود.

— برنامه‌ریزی با عدد صحیح صفر و یک: برنامه‌ریزی با اعداد صحیح یکی از مناسب‌ترین روش‌های ممکن برای مشخص کردن راه حل بهینه از بین بی‌شمار راه حل موجود برای یک سری طرح سرمایه‌گذاری است. شکل کلی و عمومی این برنامه‌ریزی برای پروژه‌های سرمایه‌گذاری به صورت زیر است:

$$\max Z = \sum_{j=1}^n p_j X_j$$

$$s.t = \sum a_{ij} x_j \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j = 0 \text{ یا } 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

که در آن:

P_j : مقدار سودآوری حاصل از پروژه‌ی j ام؛

a_{ij} : مقدار مصرف منبع j ام (مانند سرمایه‌گذاری، استفاده از ساعت

نیروی انسانی و غیره) برای پروژه‌ی j ام؛

حسابداری سنتی با هدف اندازه‌گیری معیارها در تولید انبوه کاربرد داشته است.

روش‌های جدید توجیه سرمایه‌گذاری

در این قسمت مهم‌ترین روش‌های جدید توجیه سرمایه‌گذاری در سیستم‌های تولید پیشرفته بررسی می‌شود. این روش‌ها عبارت‌اند از: روش امتیازدهی، مدل‌های جمع خطی، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی، سیستم‌های خبره و فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی (AHP).

روش امتیازدهی^۸

یکی از روش‌های بسیار ساده‌ی توجیه سرمایه‌گذاری «امتیازدهی» است که با استفاده از داده‌های تصویری مربوط به تصمیم‌گیری، انتخاب گزینه‌ها با معیارهای کیفی را آسان می‌کند. جدول ۲ نمونه‌ی از این نوع امتیازدهی است که برای نمایش هر معیار در یک گزینه‌ی خاص به کار می‌رود. برای افزایش دقت در مورد ویژگی‌های مهم یک گزینه می‌توان بخش‌هایی از نمودار را با رنگ مشخص کرد.

در این جدول، سطح مطلوبیت برای هر معیار نشان داده شده است. به‌عنوان مثال برای امتیازدهی، معیار «تأثیر بر فروش سالانه» ممکن است به صورت زیر ارزیابی شود:

۲- کمتر از \$۱۰۰,۰۰۰

۱- از \$۱۰۰,۰۰۰ تا \$۲۰۰,۰۰۰

+۱ از \$۲۰۰,۰۰۰ تا \$۴۰۰,۰۰۰

+۲ بیش از \$۴۰۰,۰۰۰

در مسائل مختلف می‌توان بنا بر لزوم از تعداد سطوح کمتر یا بیشتری نیز استفاده کرد. لازم به ذکر است که به مقادیر عددی داده شده به هر سطح نباید زیاد تکیه کرد، زیرا هدف نمودارها نمایش بصری تفاوت بین سطوح مطلوبیت هر معیار از یک گزینه با همان معیار از گزینه‌ی دیگر است.

مدل‌های وزن‌دهی خطی

این مدل‌ها ابزارهای تصمیم‌گیری هستند که اطلاعات معیارهای

تصمیم‌گیری بشر است. پروفیسور ساتی که این روش را در سال ۱۹۷۲ ابداع کرده است، آن را به صورت زیر توصیف می‌کند:

«فرایند AHP یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است که از ساختارهای سلسله‌مراتبی یا شبکه‌یی برای نمایش مسئله‌ی تصمیم استفاده می‌کند و آنگاه اولویت‌های هر گزینه را براساس قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان سیستم تعیین می‌کند.»

این روش از ابتدای طرح تاکنون کاربردهای فراوانی در زمینه‌های بسیار متنوع تصمیم‌گیری پیدا کرده از جمله: اقتصاد، برنامه‌ریزی، حمل و نقل، FMS، پزشکی و... AHP برای مشخص شدن اهمیت نسبی گزینه‌های متفاوت از یک فرایند سه‌مرحله‌یی به شرح زیر استفاده می‌کند:

۱. تعریف و سازماندهی اهداف، معیارها و محدودیت‌ها و گزینه‌های مسئله در یک سلسله‌مراتب؛
۲. ارزیابی مقایسه‌های دوتایی بین عناصر مرتبط در هر سطح از سلسله‌مراتب؛

۳. ترکیب نتایج مقایسه‌های دوتایی با استفاده از الگوریتم حل. — ترسیم سلسله‌مراتب: در این مرحله که مهم‌ترین جنبه‌ی AHP است، تحلیل‌گر باید مسئله‌ی تصمیم را به سلسله‌مراتبی از عناصر مرتبط تجزیه کند. سلسله‌مراتب ساختاری است که برای نمایش ساده‌ترین نوع وابستگی متوالی یک سطح یا یک جزء از یک سیستم به دیگری به کار می‌رود. این ساختار در نمودار ۱ نشان داده شده است. در تنظیم سلسله‌مراتب تصمیم، تعداد سطح به پیچیدگی مسئله و درجه‌ی جزئیات مورد نیاز تحلیل‌گر برای حل مسئله بستگی دارد.

— مقایسات دوتایی: مقایسه‌ی دوتایی اساس استفاده از AHP است. درحقیقت نتایج حاصل از این قسمت ورودی‌های مرحله‌ی حل مسئله‌ی تصمیم‌گیری هستند. روش کار به این صورت است که ابتدا میزان اهمیت نسبی هر معیار در رسیدن به هدف با مقایسه‌ی هر جفت از معیارهای تعیین شده و حاصل مقایسات وارد ماتریس مقایسه‌ی معیارها می‌شود. سپس گزینه‌ها دوه‌دو نسبت به تک تک معیارها سنجیده می‌شوند و نتایج مجدداً در ماتریس‌هایی به تعداد معیارها وارد می‌شود. AHP برای مقایسات از اعداد ۱ تا ۹ به شرح زیر استفاده می‌کند.

تعریف	اهمیت براساس مقیاس
اهمیت مساوی	۱
اهمیت ضعیف	۳
اهمیت اساسی یا قوی	۵
اهمیت بسیار قوی	۷
بی‌نهایت مهم	۹

b_i : ارزش منبع نام برای انجام پروژه‌های پیشنهادی؛
 x_j : اگر سرمایه‌گذاری انجام شود ۱ و در غیر این صورت صفر خواهد بود.
 — برنامه‌ریزی آرمانی: این برنامه راه حرکت به سوی چندین هدف را نشان می‌دهد. مبنای کار چنین است که برای هر کدام از هدف‌ها، عدد مشخصی به عنوان آرمان تعیین، و تابع هدف مربوط به آن فرموله می‌شود. آنگاه جوابی جستجو می‌شود که مجموع انحراف هر هدف را نسبت به آرمانی که برای همان هدف تعیین شده است حداقل کند. هنگامی که انحراف از آرمان‌های تعیین شده در هر دو جهت اهمیت یکسان داشته باشد، می‌توان مدل برنامه‌ریزی آرمانی را به شرح زیر فرموله کرد:

$$\min z = \sum_{k=1}^k \left| \left(\sum_{j=1}^n C_{jk} x_j - g_k \right) \right|$$

$$\sum_{j=1}^n C_{jk} \cdot x_j \leq g_k \quad k = 1, 2, \dots, k$$

که در آن:

x_j : متغیر تصمیم‌گیری ($j = 1, 2, \dots, n$)
 C_{jk} : ضریب x_j در تابع هدف شماره k ($k = 1, 2, \dots, k$)
 g_k : آرمان تعیین شده برای هدف k

تابع هدف مسئله‌ی برنامه‌ریزی آرمانی با بهره‌گیری از فن بیان فرمولی آن متغیرها با عناصر مثبت و منفی در چهارچوب برنامه‌ریزی خطی حل خواهد شد.

سیستم‌های خبره

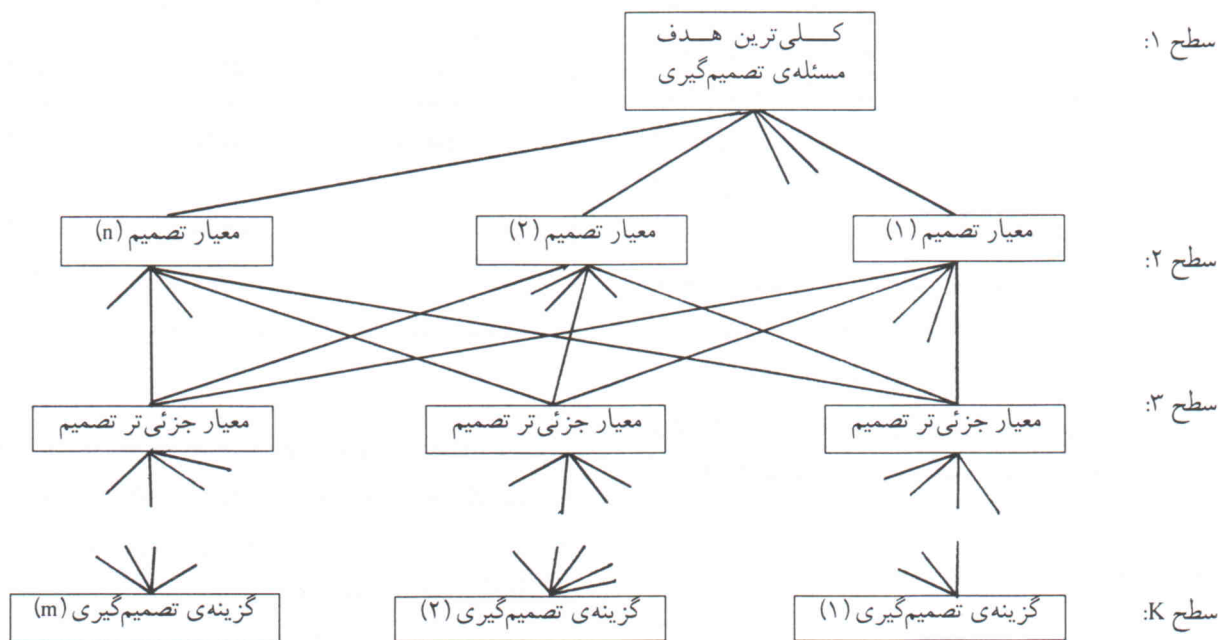
سیستم خبره برنامه‌یی رایانه‌یی است که قابلیت حل مسائل پیچیده توسط قوانین معین و سازوکار منطقی استدلال را داراست. ویژگی اصلی سیستم‌های خبره توانایی حل مسائل با داده‌های غیر دقیق است. این سیستم‌ها از یک پایگاه دانش، موتور استنتاجی، سازوکار کنترل، حافظه‌ی کاری و رابط کاربر تشکیل شده است.

تاکنون چندین سیستم خبره برای حل مسئله‌ی ارزیابی سرمایه‌گذاری در سیستم‌های پیشرفته‌ی تولید خودکار توسعه داده شده‌اند. [۱۰]

بررسی سیستم‌های خبره نشان می‌دهد که هدف سرمایه‌گذاری و معیارهای تصمیم‌گیری در سیستم‌های ارائه شده در این زمینه تاکنون، عمدتاً از پیش تعیین شده‌اند و کاربر قادر نیست آنها را متناسب با شرایط خاص خود تعریف کند.

فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی (AHP)

AHP فرایند ارزشیابی سلسله‌مراتبی است که روز به روز کاربرد آن متداول‌تر می‌شود. این فرایند تقلید بسیار نزدیکی از فرایند



نمودار ۱. نمودار استاندارد تصمیم در فرایند تحلیل طبقاتی؛ سلسله‌مراتبی با K سطح

ارزیابی و نیز در کل فرایند تعیین کند.

تصمیم‌گیری گروهی با معیارهای چندگانه‌ی کیفی
 همانطور که اشاره شد، هدف از این تحقیق معرفی کاربرد روش «تصمیم‌گیری گروهی با معیارهای کیفی» در ارتباط با تجزیه و تحلیل و ارزیابی سیستم‌های FMS است. برای این منظور به معرفی این روش می‌پردازیم:

روش مورد نظر علاوه بر اینکه به تصمیم‌گیرنده امکان می‌دهد تا با اطلاعات کیفی به نتیجه‌ی منطقی برسد، بلکه از نظر سایر افراد خبره در تصمیم‌گیری خود بهره می‌جوید. در زمینه‌ی تصمیم‌گیری گروهی با معیارهای کیفی کارهای کمی انجام شده است. یکی از معروف‌ترین آنها روش AHP است که در بخش قبل توضیح داده شد. از دیگر روش‌های معروف در این زمینه می‌توان به نظریه‌ی فازی پروفوسور لطفی‌زاده در مدل‌سازی واقعیت‌های پیرامون، و روش ارائه شده توسط پروفوسور یاگر اشاره کرد. [۱۱ و ۱۲]

در روش پروفوسور یاگر هیچ معیار کمی وجود ندارد و همه‌ی معیارها به صورت کیفی در مدل استفاده می‌شوند. حتی اعداد در این روش ابتدا به صورت کیفی با هم قیاس می‌شوند و بعد در مدل آورده می‌شوند. اجزای این روش به چهار گروه عمده تقسیم می‌شوند:

۱. فرد تصمیم‌گیرنده که مسئولیت اتخاذ تصمیم و پیامدهای آن را به

حل مسئله: ماتریس‌های مقایسه‌ی دوتایی، ورودی این مرحله از AHP و وزن‌های نسبی عناصر هر سطح، خروجی آن هستند. محاسبه‌ی وزن در ماتریس مقایسه براساس روش‌های مختلف می‌تواند انجام شود. یکی از بهترین روش‌ها جهت تعیین وزن، روش «بردارهای ویژه» است.

به‌طور کلی حل مسئله از دو فاز اصلی محاسبه‌ی وزن‌های نسبی سطوح مختلف و استخراج اولویت نهایی گزینه‌ها تشکیل می‌شود. در فاز اول برای استخراج اولویت‌ها از مفاهیم نرمال‌سازی و متوسط وزنی استفاده می‌شود. به این منظور ابتدا در ماتریس مقایسه، اعداد هر ستون را نرمال کرده و بعد میانگین اعداد نرمال شده در هر سطر محاسبه می‌شود. در فاز دوم نیز برای استخراج اولویت نهایی گزینه‌ها، اولویت‌های به دست آمده از فاز اول به صورت ستون‌های یک ماتریس در نظر گرفته می‌شود.

محاسبه‌ی سازگاری: کنترل سازگاری قضاوت‌ها یکی از امکانات بسیار مطلوب AHP است. ناسازگاری ناشی از درک ضعیف مسئله، تفاوت طرز تلقی‌ها و شرایط تصمیم‌گیری از سوی تصمیم‌گیرندگان است. هر قدر تعداد گزینه‌ها و معیارها در مسئله‌ی ارزیابی بیشتر باشد، موضوع ناسازگاری اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. AHP می‌تواند مقدار ناسازگاری را در هر قدم فرایند

جدول ۳. فضاهای مختلف کیفی

هیچ S_1	هیچ S_1	هیچ S_1
متوسط S_2	کم S_2	S_2 خیلی کم
مطلق S_3	S_3 متوسط	کم S_3
	S_4 زیاد	S_4 متوسط
	S_5 مطلق	S_5 زیاد
		S_6 خیلی زیاد
		S_7 مطلق

«واژه‌های بیانی» استفاده می‌شود. البته این واژه‌ها مرتبه‌ی خطی دارند و برتری آنها نسبت به هم بارز است. منظور از مرتبه‌ی خطی این است که اگر $z < i$ آنگاه رابطه‌ی $S_i < S_z$ برقرار باشد. علاوه بر این اشتراک دو واژه‌ی بیانی با استفاده از نماد عملگر عطف (\cap) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\min(S_i \cap S_j) = S_i \text{ آنگاه } S_i < S_j$$

همچنین اجتماع دو واژه‌ی بیانی با استفاده از نماد عملگر فصل (\cup) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\max(S_i \cup S_j) = S_j \text{ آنگاه } S_i < S_j$$

و عملگر تقیض (با نماد \sim) وظیفه‌ی تقیض‌سازی را به عهده دارد. به طوری که اگر q تعداد عضوهای فضای کیفی باشد، داریم:

$$\sim(S_i) = S_{q-i+1}$$

مثال زیر نتیجه‌ی عملکرد تقیض را بر روی یکی از عناصر کیفی نشان می‌دهد:

- عنصر کیفی زیاد: S_5
- تقیض $\sim(S_5) = S_{7-5+1} = S_3$
- کم S_3

یعنی تقیض «زیاد» در این مثال «کم» است. نکته‌ی دیگر آن که در این روش تعداد عضوهای فضای کیفی حتماً باید فرد باشد. [۱۱]

نحوه‌ی تصمیم‌گیری

ابتدا هر فرد خبره برای هر معیار، درجه‌ی اهمیتی تعیین می‌کند. در واقع به هر معیار وزن می‌دهد که با نماد $I(q_j)$ نمایش داده می‌شود:

$$q_j: \text{معیار } j \text{ام فضای کیفی } j = 1, 2, \dots, n$$

سپس برای هر راه حل متناظر هر معیار، واژه‌ی بیانی نسبت می‌دهد و این وزن‌ها را می‌توان به شکل یک بردار نمایش داد.

$$pi = [pik(q_1) \quad pik(q_2) \quad \dots \quad pik(q_n)]$$

$pik(q_j)$: مقدار واژه‌ی بیانی مشخص خبره‌ی k ام برای گزینه‌ی i ام با توجه به معیار j ام.

$$k = 1, 2, \dots, r \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

با توجه به بردار فوق، لازم است فرد خبره به ازای هر گزینه یک امتیاز بدهد. یعنی بردار فوق باید به گونه‌ی خلاصه شود. برای خلاصه کردن آن از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود:

$$pik = \min[\sim I(q_j) \cup pik(q_j)]$$

pik : مقدار واژه‌ی بیانی شخص k ام برای گزینه‌ی i ام با توجه به تمام معیارها.

بدین ترتیب نظر نهایی یک فرد خبره در ارتباط با یک راه حل محاسبه می‌شود. البته نظر سایر افراد نیز باید محاسبه و به گونه‌ی بی این

عهده دارد.

۲. افراد خبره‌ی که فرد تصمیم‌گیرنده را یاری می‌کنند. در این روش محدودیتی از نظر تعداد افراد خبره وجود ندارد و حداکثر تعداد این افراد با r نمایش داده می‌شود.

۳. مجموعه‌ی راه حل‌های موجود، که در نهایت یکی از آنها باید انتخاب شود و m راه حل وجود دارد.

۴. معیارهای انتخاب، شامل پارامترهایی که در انتخاب راه حل مؤثرند و حداکثر تعداد آنها با n نمایش داده می‌شود.

در این روش فرض بر این است که همه‌ی اطلاعات به صورت کیفی‌اند و برای این منظور از واژه‌های بیانی (مثل مهم، خیلی مهم، بی‌اهمیت، و ...) برای مقایسه و نتیجه‌گیری استفاده می‌شود. بدیهی است که نظر افراد از لحاظ صحت و دقت در یک سطح نیست و تخصص افراد در قبال مسئله یکسان نبوده و فرد تصمیم‌گیرنده نباید افراد را یکسان در نظر بگیرد و باید به هر فرد یک امتیاز تخصیص بدهد و این امتیازها در رأی آنها ضرب و با نظر افراد دیگر جمع شود. به این ترتیب متوسط وزنی آراء حاصل و کلیه‌ی راه حل‌ها یک «واژه‌ی بیانی» خواهند داشت که می‌توان آنها را با هم مقایسه کرد. برای این منظور در روش مورد نظر می‌توان فضای کیفی را به صورت جدول ۳ تعریف کرد. به افراد خبره نیز یک واژه‌ی بیانی تخصیص داده می‌شود و با توجه به آن راه حل‌ها مانند زیر عمل می‌شود:

امتیاز فرد خبره‌ی j ام	راه حل j ام	فرد خبره‌ی j ام
S_1 هیچ	S_2 کم	اول
S_3 کم	S_4 متوسط	دوم
S_7 مطلق	S_6 خیلی زیاد	سوم

سپس با استفاده از رابطه‌هایی که در بخش بعدی توضیح داده می‌شود نظر کلی محاسبه می‌شود.

مشخصات روش

همانطور که عنوان شد، در این روش برای مقایسه و نتیجه‌گیری از

اشاره کرد:

- وضع فعلی؛
- تجهیزات تکی؛
- سلول‌های مجزا؛
- سلول‌های پیوسته؛
- FMS کامل.

برای تعیین مجموع گزینه‌های ممکن با توجه به نوع سیستم انعطاف‌پذیر و محل پیش‌بینی شده برای نصب، به سه نوع اطلاعات نیاز است:

۱. مشخصات فنی و تولیدی مورد نیاز؛
۲. مشخصات فنی سیستم موجود؛
۳. مشخصات فنی تجهیزات موجود در بازار؛

— تعیین معیارهای تصمیم‌گیری: یکی از مهم‌ترین مسائل در روش «تصمیم‌گیری گروهی با معیارهای کیفی»، تعیین معیارهای تصمیم‌گیری است که باید با دقت کافی صورت گیرد. معیارها باید به نحوی انتخاب شوند که از اهمیت بالایی برخوردار باشند. از طرفی تعداد بیش از حد معیارها و تشابه آنها باعث کاهش دقت و حوصله در تعیین اولویت‌ها و تعداد کم معیارها موجب بی‌توجهی به پاره‌یی از جوانب مسئله و دریافت پاسخ غیر منطقی خواهد شد. برخی از این معیارها عبارتند از: کاهش هزینه‌ها، بهبود شرایط کار، کیفیت محصول، مصرف انرژی، قابلیت اطمینان فرایند تولید، انعطاف در حجم، انعطاف در طراحی، انعطاف در ترکیب، تطبیق با برنامه‌های تولید و کاهش موجودی.

پس از تعیین راه‌حل‌های مناسب برای پیاده‌سازی انعطاف‌پذیری در سیستم تولید و نیز تعیین معیارهای تصمیم‌گیری برای ارزیابی این راه‌حل‌ها، نوبت به تهیه پرسشنامه می‌رسد.

— نظرخواهی از افراد خبره: در این روش نیاز است که یک پرسشنامه برای تعیین وزن‌های تخصیص داده شده به معیارها، صرف نظر از نوع راه‌حل، تهیه شود و در اختیار افراد صاحب نظر و خبره قرار گیرد. همچنین پرسشنامه‌هایی به تعداد راه‌حل‌ها تهیه شده که از همین معیارهای تصمیم‌گیری در آنها استفاده می‌شود. برای هر فرد خبره، مجموعه‌یی از این پرسشنامه‌ها ارسال شده و یا با مصاحبه‌ی حضوری آنها تکمیل می‌شود. سپس با جمع‌بندی نظرات افراد و ترکیب آنها که در قسمت قبل بیان شد، نحوه‌ی اولویت‌بندی راه‌حل‌ها مشخص می‌شود.

کاملاً مشخص است که روش‌های عددی و محاسباتی که در بخش‌های قبل مطرح شد، از جمله روش‌های اقتصاد مهندسی، غالباً از ارزیابی طرح‌های FMS ناتوان هستند. زیرا چنان‌که در قسمت مربوط به معیارهای تصمیم‌گیری مشخص است، بیشتر معیارها جنبه‌ی

نظرات با یکدیگر ترکیب شود تا نتیجه‌ی نهایی حاصل شود.^[۱۱] مثلاً از آنجا که نظر تمام خبرگان از لحاظ صحت و دقت در یک سطح نیست لذا لازم است برای هر خبره یک امتیاز منظور، و این امتیازها را در رأی آنها ضرب و با نظر سایر خبرگان جمع، و سپس متوسط وزنی آراء را محاسبه کرد.

برای سرعت بخشیدن به فرایند تصمیم‌گیری و نیز جمع‌آوری نظرات افراد خبره بدون صرف وقت برای جلسات متعدد، نرم‌افزاری تهیه شده که افراد خبره نظرات خود را در فرمول‌های مربوطه درج می‌کنند و فرد تصمیم‌گیرنده به داده‌های افراد خبره دسترسی دارد و به راحتی می‌تواند نظر افراد را در تصمیم خود به اندازه‌ی مطلوب دخیل کند و نتیجه‌ی نهایی را به ترتیب اولویت ملاحظه کند.

کاربرد «تصمیم‌گیری گروهی با معیارهای کیفی» در ارزیابی FMS همانطور که اشاره شد، مسئله‌ی انتخاب FMS، یک مسئله‌ی راهبردی است. پس این مسئله باید در راستای خط‌مشی کل شرکت باشد. علاوه بر این باید راهکار انعطاف‌پذیری نیز مشخص شود. راهکار انعطاف‌پذیری در حقیقت مجموعه‌ی اطلاعات زیر را در اختیار تصمیم‌گیرنده‌ی پروژه قرار می‌دهد:

۱. نوع انعطاف‌پذیری مورد نیاز شامل: انعطاف در حجم تولید، ترکیب محصول، طراحی و یا ترکیبی از آنها؛
۲. نوع سیستم انعطاف‌پذیر مورد نیاز شامل: تجهیزات تکی، سلول‌های مجزای ماشین‌کاری، سلول یک‌پارچه‌ی چندماشینی و FMS؛

۳. نقطه‌ی شروع پیاده‌سازی سیستم جدید؛

۴. زمان‌بندی رسیدن به سیستم مورد نظر.

تعیین اطلاعات موارد ۱ و ۲ با پیچیده‌تر شدن و گسترش دامنه‌ی فعالیت یک واحد تولیدی دقت و بررسی بیشتری می‌طلبد. برای این منظور از روش فوق در این مرحله استفاده می‌شود.

— تشکیل گروه تصمیم: با توجه به ضرورت انجام تمام مراحل این تصمیم‌گیری از طریق یک فرایند گروهی، در شروع کار باید گروه تصمیم‌گیرنده تشکیل شود. همچنین برای افزایش حوزه‌ی دید کاری تصمیم‌گیرندگان، گروه باید مرکب از افراد درگیر با جوانب مختلف تصمیم‌گیری باشد. علاوه بر این نظرات افراد خبره و صاحب نظر را نیز باید جمع‌آوری کرد. به همین منظور نیاز است تا این افراد شناسایی شوند و از طریق تهیه و تکمیل پرسشنامه توجیه شوند و از آنها نظرخواهی شود.

— انتخاب مجموعه‌ی راه‌حل‌ها: برای پیاده‌سازی سیستم‌های انعطاف‌پذیر و پیشرفته‌ی تولید، ممکن است در سطوح مختلف این کار انجام شود. به عنوان مثال می‌توان به راهکارهای زیر

سیستم‌های خبره، و AHP بررسی شد و مزایا و معایب هر یک مشخص شد. در پایان نیز ساختار روش تصمیم‌گیری گروهی با معیارهای کیفی معرفی و نحوه‌ی کاربرد آن در ارزیابی FMS مشخص شد.

به‌وضوح می‌توان دید که به‌دلیل درگیری موضوع انعطاف‌پذیری و اجرای آن با معیارهای کیفی و عوامل انسانی، روش‌هایی که این معیارها را منظور می‌کنند تصمیم‌گیری‌های بهتری انجام می‌دهند. در مقایسه‌ی روش فوق با روش AHP می‌بینیم که AHP مقایسه‌ها را با معیارهای کمی انجام می‌دهد (یعنی به مقایسه‌های دوتایی که حاصل آن عدد باشد نیاز دارد)، ولی روش مورد نظر در این تحقیق بدون کمی کردن هیچ یک از معیارها، پاسخگوی مسئله یعنی اولویت‌دهی به راه حل‌های موجود است.

کیفی داشته و با روش‌های کمی قابل سنجش نیستند. روش فوق نیز از معیارهای کیفی، بدون کمی کردن استفاده می‌کند.

نتیجه‌گیری

در این نوشتار ضمن معرفی مختصر FMS، طبقه‌بندی این سیستم و مزایا و معایب عمده‌ی آن بیان شد. این تحقیق با هدف معرفی روش تصمیم‌گیری گروهی با معیارهای چندگانه‌ی کیفی، به‌منظور ارزیابی و تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری در FMS انجام شد. به‌همین منظور روش‌های سنتی موجود در این زمینه و برخی از روش‌های جدید بررسی شد. روش‌های سنتی از جمله روش اقتصاد مهندسی و حسابداری به‌دلیل عدم توجه به معیارهای کیفی اهمیت چندانی ندارند. در مورد روش‌های جدید، روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی،

پانوشتها

1. flexible manufacturing system
2. analytical hierarchy process
3. present worth analysis
4. uniform annual cash flow analysis
5. payback period analysis
6. rate of investment analysis
7. B/C ratio
8. scoring methods

منابع

1. Groover, mikell. P. *Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing*. Prentice-Hall international Inc., USA, (1987).
۲. وحیدی، رامش. تجزیه و تحلیل و توجیه به کارگیری سیستم‌های انعطاف‌پذیر تولید (FMS). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۴.
3. Elangi, B. and Meinhardt, Wayne A. *Selecting a Flexible Manufacturing System - A Strategic Approach*, Long Range Planning, **27**(3), (1994).
4. Sullivan, William G., *Models IES Can Use to Include Strategic, NonMonetary Factors in Automation Decisions*, Industrial Engineering, (1986).
5. Swann, K., and O'keef, W.D., *Advanced Manufacturing Technology: Investment Decision Process*, part1, Management Decision, **28**(1), (1990).
6. Swann, K., and O'keef, W.D., *Advanced Manufacturing Technology: Investment Decision Process*, part2, Management

Decision, **28**(3), (1990).

7. Canada, John R., *Non-Traditional Methods of Evaluating CIM Opportunities Assigns Weights to intangibles*, Industrial Engineering, (1986).
8. Bernard, Paul, *Structured Project Methodology Provides Support For Informed Business Decision*, Industrial Engineering, March (1986).
9. Madu, CH.N., and Georgantzas, N.C., *Strategic Thrust of Manufacturing Automation Decisions: A Conceptual Frame Work*, IIE Transactions, **23**(2), (June, 1991).
10. Daugherty, Lee C., Parsai, Hamid, R. and Kolli, Sai. S. *Strategic Justification of Advanced Automated Technology Systems Using Expert System*, Computers and Ind. Eng., **25**(1-4), (1993).
۱۱. معاریانی، عزیزاله و ستاک، مصطفی. تصمیم‌گیری گروهی با معیارهای چندگانه کیفی، مجله صنایع، سال چهارم، شماره ۱، ۱۳۷۴.
12. Yager R.R., *On Ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in Multi Criteria Decision Making*, IEEE transaction on systems, Man, Cyberetics, **18**(1), (1988).
۱۳. دارابی، هوشنگ. تصمیم‌گیری به کمک AHP. مجله صنایع، سال اول، شماره ۳، ۱۳۷۳.
14. Taylor, R. Bruce, and West, thowas M., *A Methodology for the Evaluation of Integrated Manufacturing Systems*, Computer and Industrial Engineering, **25**(1-4), (1993).
15. Wicks, Elin, M. and Jiang Kai, *An Integrated Investment Justification Approach for Advanced Manufacturing Systems*, Department of industrial Engineering, University of Missoun-Columbia, (1999).