فصلنامه مطالعات مدیریت بهبود و تحول
شماره ٦٣، زمستان ٨٩ و بهار ٩٠
صفحات ١١٥ تا ١٥١

Management Studies in development and Evaluation
No.63, Winter & Spring 2011

# ترکیب روشهای AHP و برنامه‌ریزی آرمانی صفر یا یک برای انتخاب یک سیستم پیشرفته ساخت و تولید

دکتر علی خاتمی فیروزآبادی *
شیلا سادات فاطمی فیروزآبادی **

## چکیده

فن‌آوری‌های پیشرفته نوظهور و به کارگیری آن‌ها در سازمان‌های تولیدی برای باقی ماندن در صحنه رقابت امری حیاتی به شمار می‌رود. از این رو انتخاب فن‌آوری پیشرفته، فرآیندی بسیار مهم برای سازمان‌های تولیدی به حساب می‌آید. در واقع تصمیم‌گیری برای انتخاب فن‌آوری به واسطه تاثیری که بر روی فعالیت‌های آینده یک سازمان می‌گذارد تصمیم‌گیری استراتژیک محسوب می‌گردد و لذا از پیچیدگی‌های فرآیندی خاص خود برخوردار است. پیچیدگی این فرآیند نه تنها به خاطر عوامل تاثیرگذار مختلف کمی و کیفی آنهاست بلکه متعارض بودن این عوامل با یکدیگر و هم‌چنین وجود دیدگاه‌های متفاوت ذی‌نفعان است. به منظور

* استادیار دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، آدرس الکترونیکی: A.Khatami@atu.ac.ir
** کارشناس مهندسی صنایع، دانشگاه الزهراء آدرس الکترونیکی: Sheilafatemi@gmail.com
تاریخ دریافت: ٨٩/٦/١٧ تاریخ پذیرش: ٩٠/٣/١

انتخاب نوع خاصی از فن‌آوری لازم است هم‌چنان که عوامل دخیل در انتخاب سبک سنگین می‌شوند دیدگاه‌های ذی‌نفعان مختلف در مسئله منظور گردد. علاوه بر آن باید با توجه به منابع موجود بهترین انتخاب از سوی مدیریت انجام شود. روش‌های متعددی برای ارزیابی و انتخاب فن‌آوری تا کنون گسترش یافته‌اند که هر یک مزایا و معایب مخصوص به خود دارند. به عنوان مثال می‌توان به زمان بر بودن و صرف نظر کردن از عوامل کیفی در بسیاری از روش‌ها اشاره کرد. در این مقاله به ترکیب دو روش AHP و برنامه‌ریزی آرمانی صفر یا یک پرداخته می‌شود که می‌تواند ضمن در نظر گرفتن دیدگاه‌های ذی‌نفعان، ارزیابی فن‌آوری را با توجه به عوامل متعارض با یکدیگر انجام دهد.

روش مزبور برای یک انتخاب یک سیستم پیشرفته ساخت و تولید به کار گرفته می‌شود تا ضمن نمایش کاربردی بودن روش مزبور، نشان داده شود که روش ترکیبی می‌تواند اطلاعات کلیدی بیشتری نسبت به سایر روشهای موجود در ارزیابی فن‌آوری برای مدیریت فراهم آورد.

**کلمات کلیدی: ارزیابی فن‌آوری، عوامل کیفی و کمی، محدویت منابع، AHP، برنامه‌ریزی آرمانی صفر یا یک، سیستم پیشرفته ساخت و تولید**

**مقدمه**

برای ماندن در عرصه رقابت لازم است شرکت‌ها، سیستم‌های پیشرفته ساخت و تولید را به عنوان یک گزینه مطرح همواره مد نظر داشته باشند (چو[1]، ۲۰۰۹). با توجه به گزینه‌های مختلفی که در انتخاب این نوع سیستم‌ها وجود دارد و طیف متنوعی از فن‌آوری‌ها را در بر می‌گیرد لازم است روشی برای انتخاب مناسب یک گزینه از بین گزینه‌های محدود ارائه شود. هدف اساسی این مقاله ارائه روشی مناسب برای انتخاب فن‌آوری‌های سیستم پیشرفته ساخت و تولید با توجه به دیدگاه‌های متفاوت و بعضاً متعارض ذی‌نفعان مختلف است که به نوعی در فرآیند انتخاب این گونه سیستم‌ها نقش دارند. هر ساله شرکت‌های مختلف، منابع عظیمی را

1- Chuu

بر روی این نوع سیستم‌ها سرمایه‌گذاری می‌کنند اما مطالعات نشان داده است که همواره این شرکت‌ها نتوانسته‌اند به اهداف از پیش تعیین شده، نظیر بازگشت مناسب حاصل از سرمایه‌گذاری انجام شده، دست یابند (پرسیوال و کوزارین[۱]، ۲۰۱۰). گزارش شده است که سرمایه گذاری بر روی این نوع سیستمها، نقش موثری بر بهبود عملکرد سازمان‌ها ایفا می‌کند (داسیلوریا[۲]، ۲۰۰۵). از این سیستم‌ها روست که تحقیقات در خصوص به‌کارگیری سیستم‌های پیشرفته ساخت و تولید و انتخاب مناسب این نوع سیستم‌ها هم‌چنان ادامه دارد (سوینک و نیر[۳]، ۲۰۰۷). انتخاب درست است که می‌تواند منجر به موفقیت شرکت‌ها در این نوع سرمایه‌گذاری شود (درونتز و ترنر[۴]، ۲۰۰۳).

در سیستم‌های پیشرفته ساخت و تولید، فن‌آوری‌های مجزا به توسط یک یا چند کامپیوتر به هم ارتباط دارند به‌گونه‌ای که فرآیندهای ساخت و تولید محصول را تسهیل می‌سازند (بویر[۵] و همکاران، ۱۹۹۶). مثلاً می‌توان به فرآیندهای کنترل شده کامپیوتری در ساخت یا مونتاژ، انتقال یا جابه‌جایی‌های اتوماتیک (حمل و نقل‌ها)، انبار سازی اتوماتیک و غیره اشاره کرد. سیستم‌هایی نظیر طراحی به کمک کامپیوتر یا تولید به توسط کامپیوتر، نمونه‌هایی از این نوع سیستم‌ها به شمار می‌روند (تئودورو و فلورو[۶]، ۲۰۰۸).

برای ارزیابی سیستم‌های پیشرفته ساخت و تولید عوامل مختلفی وجود دارند که باید در نظر گرفته شوند که از جمله می‌توان به حجم بازار، گستردگی کاربرد آن، حساسیت بازار نسبت به عوامل فنی، وضعیت رقابتی، کپی برداری و تقلید، موقعیت فن‌آوری در طول عمر مفید، بهره برداری در طول عمر مفید، پتانسیل پیشرفت، خطر جایگزینی و غیره اشاره کرد. منظور از ارزیابی فن‌آوری، فن‌آوری رقابتی سازمان و عوامل موثر بر جذابیت‌های آن است (هوسان[۷]، ۲۰۰۱: کاپون و گلیزر[۸]، ۱۹۸۷).

1- Percival and Cozzarin
2- Da Silveria
3- Swink and Nair
4- DeRuntz and Turner
5- Boyer
6- Theodorou and Florou
7- Hsuan
8- Capon and Glazer

فن‌آوری رقابتی سازمان به مجموعه عواملی اطلاق می‌شود که تحت کنترل سازمان قرار دارند مانند رفتار، موقعیت و تصمیم‌های سازمان. اما عوامل جذابیت‌های فن‌آوری به مجموعه عواملی گفته می‌شود که تحت اختیار سازمان نیست که از جمله می‌توان به رفتارهای مشتریان، رقبا، دولت و سایر ذی‌نفعان اشاره کرد.

یکی از وظایف مهم شرکت‌های ساخت و تولید، انتخاب و به‌کارگیری فن‌آوری‌های جدید در هنگام مناسب می‌باشد، هنگامی که فن‌آوری موجود جوابگوی پاسخ‌گویی به نیاز مشتریان نیست. انتخاب بهترین فرآیند ساخت، انتخاب مناسب‌ترین تامین کننده و انتخاب بین طرح‌های مختلفی که قابلیت تولید را دارند مثال‌هایی از این نوع تصمیم‌گیری هستند. در چنین شرایطی شرکت‌ها باید به انتخاب آن گزینه‌ای بپردازند که با اهداف استراتژیک شرکت همخوانی داشته باشد. از آن‌جا که گزینه‌های تصمیم‌گیری زیادی ممکن است مد نظر باشد اولین مرحله از فرآیند انتخاب، غربال سازی گزینه‌های تحت مطالعه است (چن و لین[1]، ۲۰۰۲: گرین[2]، ۲۰۰۰). به عبارت دیگر ابتدا لازم است مجموعه گزینه‌های در دسترس به تعداد کوچک‌تری محدود شوند زیرا برخی از گزینه‌های تصمیم‌گیری به علل واضحی هم‌چون عدم امکان ساخت یا هزینه تولید، امکان تولید نخواهند داشت (لوات و شرکلیف[3]، ۱۹۹۸). با استفاده از روش‌های عقلانی که گزینه‌های باقیمانده در مجموعه گزینه‌ها را با هم مقایسه می‌کند می‌توان گزینه غالب را شناسایی کرد (فون وینتر فیلد و ادوارد[4]، ۱۹۸۶).

از دید مدیریت، به کارگیری این نوع سیستم‌ها اهمیت فراوان دارد زیرا با داشتن چنین سیستم‌هایی نه تنها افزایش در بهره‌وری، افزایش در کیفیت، افزایش در قابلیت اطمینان، افزایش انعطاف پذیری، افزایش در کارایی ماشین آلات، و ... بلکه کاهش در زمان تولید، کاهش زمان طراحی، کاهش موجودی قطعات در حال جریان ساخت، کاهش در هزینه‌های مستقیم تولیدی و ... رخ خواهد داد (هوفمن و

1- Chen and Lin
2- Green
3- Lovatt and Shercliff
4- Von Winterfeldt and Edwards

اور[1]، ۲۰۰۵) اما باید در عین حال، به میزان سرمایه گذاری توجه کافی شود و انتخاب و به کارگیری این نوع سیستم‌ها، توجیه پذیر باشد (ژو[2] و همکاران، ۲۰۰۸).

فرآیند تصمیم‌گیری انتخاب فن‌آوری‌های پیشرفته جدید به علل زیر فرآیندی پیچیده است:

۱. وجود عوامل کمی (مانند هزینه)،
۲. وجود عوامل کیفی (مانند قابلیت انعطاف پذیری)،
۳. متعارض بودن اهداف یا معیارها با یکدیگر (نظیر هزینه در مقابل کیفیت)،
۴. وجود ذی‌نفعان مختلف (نظیر مشتریان، مدیر تولید و مدیر کیفیت) با دیدگاه‌های متفاوت،
۵. انجام تصمیم‌گیری فقط در یک بار بدون امکان جبران اشتباه در طول عمر فن‌آوری،
۶. وجود محدودیت‌های واقعی در انتخاب (نظیر محدودیت بودجه).

در این نوع تصمیم‌گیری‌ها لازم است نه تنها عوامل کمی و کیفی که ممکن است با هم در تعارض باشند در نظر گرفته شوند بلکه لازم است به دیدگاه‌های ذی‌نفعانی که در فرآیند تصمیم‌گیری وجود دارند نیز توجه شود. برای مثال اگر گزینه‌ای از دید مدیر ساخت و تولید به علت سادگی تولید، خوب ارزیابی شود ممکن است از دید بخش بازاریابی و فروش محصول مناسب ترین انتخاب نباشد زیرا هر بخش یا هر ذی‌نفع درک مستقلی از معیارها و اهداف دارد (خاتمی فیروزآبادی[3] و همکاران، ۲۰۰۸). بطور کلی این نوع مسائل در حوزه مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره قابل بحث هستندز وجود ذی‌نفعان مختلف موجب می‌شود که علاوه بر چند معیاره بودن، به دیدگاه‌های مختلف ذی‌نفعان نیز توجه شود (خاتمی فیروزآبادی و هنسون[4]، ۲۰۰۴). به عبارت دیگر این نوع مسائل، با تصمیم‌گیری‌های چند معیاره چند ذی‌نفع سروکار دارد. در چنین حالتی، لازم است بین معیارهای متعارض و هم‌چنین ذی‌نفعان گوناگون عمل سبک سنگین انجام شود

1- Hofmann and Orr
2- Zhou
3- Khatami Firouzabadi
4- Henson

تا بتوان به یک انتخاب دست یافت. در چنین حالاتی لازم است نقش هر معیار و هر ذی‌نفع که بیش‌ترین اثر را بر روی تصمیم‌گیری دارند سنجیده شود (گالوتی[1]، ۲۰۰۲).

## ادبیات تحقیق

نرخ پیشرفت آتی یک فن‌آوری خاص را می‌توان با بررسی نرخ تحقیقاتی به دست آورد که در حوزه مربوطه به رشته تحریر در می‌آید (راپا[2]، ۱۹۹۴). راپا بر این عقیده است که که محققین به خصوص محققین تحقیق و توسعه به پیشرفت‌های یک فن‌آوری در یک حوزه خاص واقفند و این توانایی را دارند که در خصوص آینده آن که با نگارش موضوعات جدید بدست می‌آید اظهار نظر کنند. آن‌چه مهم است یک پیش بینی معتبر است اما مهم تر آن است که بتوان یک فن‌آوری معتبر را تشخیص داد. کوتز بر این باور است که مشخصه‌های یک پیش بینی فن‌آوری خوب، نتایج حاصل از گزینه‌های احتمالی را در نظر می‌گیرد (کوتز[3]، ۱۹۹۵). براین اساس ابتدا به رویکردهای موجود ارزیابی فن‌آوری پرداخته می‌شود تا مشخص شود تا چه اندازه این رویکردها می‌توانند در ارزیابی یا پیش بینی فن‌آوری‌ها مفید واقع شوند.

رویکردهای موجود ارزیابی فن‌آوری را می‌توان بصورت سه دسته کلی به شرح زیر دسته بندی کرد (مردیت و سورش[4]، ۱۹۸۶: کرافورد و بنه دتو[5]، ۲۰۰۸):

- رویکرد مالی
- رویکرد تحلیلی
- رویکرد استراتژیکی

هدف از این دسته بندی، مشخص ساختن این نکته است که ارزیابی اقتصادی فن‌آوری‌های پیشرفته به تنهایی کافی نیست زیرا این نوع ارزیابی‌ها، عوامل استراتژیک را که غالباً غیر قابل کمی شدن هستند در نظر نمی گیرند (ناگالینگام و

1- Galotti
2- Rappa
3- Coates
4- Meredith and Suresh
5- Crawford and Benedetto

لین[1]، ۱۹۹۷). برای آن‌که درک روشنی از تصمیم‌گیری و تحلیل تاثیر آن بر روی انتخاب فن‌آوری با تمام جنبه‌های آن در نظر گرفته شود ترکیب رویکردها توصیه می‌شود. باید به این نکته مهم توجه داشت که تحلیل‌گر یک مسئله تصمیم‌گیری نمی نماید بلکه او اطلاعات لازم را جهت تصمیم‌گیری به مدیریت ارائه می‌دهد. فرآیند تحلیل مسئله تصمیم‌گیری که منجر به ارزیابی نظام مند گزینه‌های تصمیم‌گیری می‌شود ارزش بیش‌تری دارد تا جواب نهایی حاصل از آن، زیرا فرآیند تحلیل مسئله است که درک بهتری از آنچه در فرآیند تصمیم‌گیری انجام شده است را ارائه می‌دهد (هنریکسون[2]، ۱۹۹۷). کرینسکی و میلتنبرگ[3] (۱۹۹۱) بر این باورند که برای اداره موثر یک سازمان، لازم است ارزیابی‌های استراتژیکی و اقتصادی به‌طور همزمان انجام شود. هم‌چنین تران و دیام[4] (۲۰۰۸) به این نتیجه رسیده‌اند که سازمان‌های دولتی و خصوصی از روش‌های متفاوتی برای ارزیابی فن‌آوری استفاده می‌کنند به طوری‌که سازمان‌های دولتی تاثیرات اجتماعی و فردی را در نظر می‌گیرند در حالی که سازمان‌های خصوصی به هزینه و سود توجه دارند. بر اساس تحلیل‌های ناشی از ارزیابی‌های فوق است که یک سازمان می‌تواند در خصوص سرمایه‌گذاری بر روی فن‌آوری‌های پیشرفته جدید تصمیم‌گیری نماید (ناگالینگام و لین، ۱۹۹۷).

رویکردهایی که برای ارزیابی فن‌آوریها وجود دارند در شکل ۱ به نمایش درآمده است.

1- Nagalingam and Lin
2- Henrikson
3- Krinsky and Miltenburg
4- Tran and Diam

شکل ۱. روشهای موجود در انتخاب فن‌آوری (مردیت و سورش، ۱۹۸٦: کرافورد و بنه دتو، ۲۰۰۸)

## رویکردهای اقتصادی

تحلیل‌های اقتصادی یکی از مهم‌ترین اجزای ارزیابی فن‌آوری به شمار می‌رود. رویکردهای اقتصادی در ارزیابی فن‌آوری به معنی کمی سازی هزینه‌ها، منافع و تمام آن چیزهای محسوس و نامحسوسی است که به توسط یک فن‌آوری جدید یا فن‌آوری‌های پشتیبان در ارتباط با توسعه یک محصول شکل می‌گیرد (هنریکسون،

۱۹۹۷). تحلیلهای اقتصادی فراهم کننده اطلاعات مربوط به هزینه‌های توسعه، درآمدزایی حاصل از تولیدات جدید، پذیرش فرآیندهای جدید یا فن‌آوری‌های پشتیبان و یا تصمیمات "خرید یا ساخت" است (آیرس[1]، ۱۹۹۲). در ارزیابی فن‌آوری از دید تحلیل‌های اقتصادی، لازم است از روش‌های اقتصادی بهره جست. این روشها بیش از اندازه مورد علاقه مدیران است زیرا جواب حاصل از این نوع تحلیل‌ها به صورت عدد و رقم بیان می‌شوند (حتی اگر داده‌ها از اعتبار و اطمینان کافی برخوردار نباشند). مزیت اصلی این نوع رویکرد، ساده بودن آنها و قابلیتشان برای تعیین سودآوری سرمایه گذاری‌هاست که در واقع می‌توان گفت هدف اصلی هر نوع سرمایه گذاری در یک سازمان است. جزییات کامل مربوط به این روش‌ها را می‌توانید در مرجع هامفریز[2] (۱۹۸۳) ملاحظه کنید.

گزارش شده است که اکثر شرکت‌ها در تعیین منافع حاصل از فن‌آوری‌های پیشرفته به علت ناملموس بودن آن‌ها در آینده مشکل داشته‌اند اما شرکت‌هایی هم وجود داشته که از شکل اصلاح شده رویکردهای اقتصادی برای ارزیابی فن‌آوری‌های جدید بهره جسته‌اند (پایک[3] و همکاران، ۱۹۸۹).

برای آنکه یک تحلیل اقتصادی صرف، قابل اتکا باشد باید به‌طور واضح هزینه‌هایی نظیر هزینه‌های سرمایه‌گذاری (اکتساب) و عملیاتی و هم‌چنین هزینه‌هایی مانند هزینه‌های اجتماعی (که کمی کردن آنها به سختی امکان پذیر است مانند تاثیرات فرهنگی یک فن‌آوری جدید بر روی جامعه) در نظر گرفته شوند (هنریکسون و بوث[4]، ۱۹۹۵). در تحلیل‌های اقتصادی لازم است به فرضیاتی که برای دست‌یابی به نتایج حاصل شده است توجه کافی نمود (هنریکسون، ۱۹۹۷). در حقیقت، تمام فرضیه‌هایی که به نوعی در دست‌یابی به نتیجه تاثیر داشته‌اند باید آشکارا مد نظر قرار گیرند (پتی و بولین[5]، ۱۹۷۶).

بر اساس تحقیق انجام گرفته توسط گگنون و هالدر[6] (۱۹۹۷) معیارهای مورد

1- Ayres
2- Humphreys
3- Pike
4- Booth
5- Petty and Bowlin
6- Gagnon and Haldar

استفاده در رویکرد اقتصادی شامل موارد متعددی است اما مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: هزینه، سود و زیان دوره ای، نرخ بازگشت سرمایه داخلی، نرخ بازده و کل هزینه اولیه.

مهم‌ترین و پر استفاده ترین تحلیل‌های اقتصادی که در ارزیابی فن‌آوری‌ها نقش داشته‌اند عبارتند از: تحلیل هزینه ـ منفعت، تحلیل اثر هزینه ای، ارزیابی هزینه چرخه عمر، تحلیل ارزش حال حاضر، تحلیل نرخ بازگشت سرمایه، تحلیل نقطه سر بسر، تحلیل دوره بازگشت سرمایه، تحلیل درآمد باقیمانده، تحلیل بازگشت افزایشی و تحلیل ارزش اقتصادی (هنریکسون، ۱۹۹۷).

## رویکردهای تحلیلی

رویکردهای تحلیلی ابزار مناسبی برای تحلیل سیستم‌هایی هستند که هم منافع حاصل از آنها اقتصادی است و هم غیر اقتصادی. اگر تصمیم گیرنده یا تصمیم گیرندگان با این نوع رویکردها آشنایی داشته باشند معمولاً استفاده از این نوع رویکردها را برای انتخاب مناسب از بین گزینه‌های تصمیم‌گیری ترجیح می‌دهند زیرا در ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری نه تنها چندین شاخص یا مولفه وجود دارد بلکه ممکن است شاخص‌ها در تضاد با یکدیگر نیز باشند که در این حالت لازم است به سبک سنگین کردن شاخص‌ها با یکدیگر پرداخت و در نهایت به یک گزینه مناسب دست یافت (ناگالینگام و لین، ۱۹۹۷). هرچند که این نوع ارزیابی‌ها کاملاً می‌توانند مفید واقع شوند اما باید توجه داشت که این نوع ارزیابی‌ها به زمان بیشتری نیاز دارند

رویکرد تحلیلی در ارزیابی فن‌آوری شامل در نظر گرفتن دقیق مجموعه شاخص‌های موثر بر انتخاب فن‌آوری با توجه به اهداف پیش بینی شده برای آن و سبک سنگین کردن آن‌ها مطابق با یک متدولوژی نظام‌مند است (هنریکسون، ۱۹۹۷). این رویکرد می‌تواند اطلاعاتی را برای تصمیم گیرنده در باره چگونگی مقایسه گزینه‌های فن‌آوری نه تنها در ارتباط با شاخص‌های تعریف شده بلکه با توجه به محدودیت‌های فن‌آوری فراهم کند. مهم‌ترین مشکل این رویکردها، وجود

شاخص‌های جبران پذیر نظیر ریسک و درآمد هستند که معمولاً هم هیچ گزینه به وضوح برتری وجود ندارد.

رویکرد تحلیلی برای تشخیص وزن یا اولویت شاخص‌های موثر بر انتخاب و هم‌چنین رتبه بندی گزینه‌ها مفید است. این نوع رویکرد به تصمیم گیرنده کمک می‌کند تا نه تنها اولویت شاخص‌های موثر بر انتخاب فن‌آوری مطلوب را معین کند که بلکه می‌تواند فن‌آوری یا فن‌آوری‌های برتر را شناسایی کرده و تخصیص منابع را به آن‌ها انجام دهد.

روش‌های تحلیلی متعددی نظیر نظریه مطلوبیت چند شاخصه، روش‌های امتیاز دهی، درخت تصمیم و غیره وجود دارند که می‌توانند در حوزه‌های مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره از جمله انتخاب فن‌آوری‌های مناسب به کار برده شوند. رویکردهای تحلیلی را می‌توان نه تنها برای تصمیم‌گیری انفرادی بکار برد بلکه می‌توان با گسترش و اصلاح روش‌های موجود از آن‌ها برای تصمیم‌گیری گروهی استفاده نمود (هنریکسون، ۱۹۹۷). از بین رویکردهای تحلیلی که بیش‌ترین کاربرد را داشته‌اند می‌توان به روش فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی (AHP[1])، روش دلفی، روش‌های مختلف امتیازدهی و تکنیک‌های بهینه سازی سیستمی نظیر برنامه ریزی خطی، برنامه ریزی عدد صحیح، برنامه ریزی مختلط، برنامه ریزی غیر خطی، برنامه ریزی آرمانی و برنامه ریزی چند هدفه اشاره کرد.

نوری[2]، پراساد و ساماس خارا[3] از AHP برای انتخاب فن‌آوری‌هایی نظیر فن‌آوری سیستم‌های ساخت و تولید پیشرفته و ارتباطات استفاده کرده‌اند (نوری، ۱۹۹۵: پراساد و خاماس خارا، ۱۹۹۰). هم‌چنین رید و گیر[4] (۱۹۹۴)، AHP را برای ارزیابی فن‌آوری‌های جدید در صنایع شیمیایی به‌کار برده‌اند. پرابو و ویزایاکومار[5] (۲۰۰۱) و هم‌چنین بای اورگان و سیگین[6] (۲۰۰۸) از ترکیب AHP با نظریه فازی استفاده کرده‌اند به طوری‌که مفاهیم مربوط به چند معیاری بودن انتخاب فن‌آوری با

1- Analytical Hierarchy Process (AHP)
2- Noori
3- Prasad and Somasekhara
4- Read and Gear
5- Prabhu and Vizayakumar
6- Buyurgan and Saygin

نظریه فازی ادغام شده‌اند تا بتوانند به یک انتخاب اصولی دست یابند.

روش دلفی که یکی از پر استفاده ترین فرآیندهای تصمیم‌گیری گروهی است (لینستون و تیروف[۱]، ۱۹۷۵) در بررسی تاثیرات فرهنگی بر روی به‌کارگیری فن‌آوری‌ها در دو کشور آلمان و ژاپن استفاده شده است (برینر[۲] و همکاران، ۱۹۹۴). تیچی[۳] (۲۰۰۴) به این نکته اشاره می‌کند که در هنگام به‌کارگیری روش دلفی، چون مدیران ارشد مشکلات را می‌شناسند و درک درستی از آن‌ها دارند لذا می‌توانند در خصوص انتخاب فن‌آوری‌های جدید اثر مثبت خود را بر فرآیند انتخاب مزبور بگذارند.

روش امتیازدهی که بر کمی کردن اهمیت نسبی هر شاخص بدون انجام مقایسه‌های دو به دو تاکید دارد (ناگالینگام و لین، ۱۹۹۷) در انتخاب سیستم‌های تولید انعطاف پذیر مورد استفاده قرار گرفته است (مارتینو[۴]، ۱۹۹۳: نلسون[۵]، ۱۹۸۶). ۱۹۸۶).

از تکنیک‌های بهینه سازی سیستمی که بر اساس روابط ریاضی استوارند (هنریکسون، ۱۹۹۷) در ارزیابی یا انتخاب فن‌آوری استفاده شده است که از جمله می‌توان در به‌کارگیری برنامه‌ریزی مختلط برای توسعه برنامه‌ریزی سیستم‌های انرژی (آکیموتو[۶] و همکاران، ۲۰۰۵)، ارزیابی فن‌آوری جدید در اداره‌های پست با بکارگیری درخت تصمیم (آلویلا[۷]، ۱۹۸۷)، انتقال فن‌آوری با ترکیب درخت تصمیم و تحلیل پوششی داده‌ها (سون و آن[۸]، ۲۰۰٤)، تحقیق بر روی صنایع شیمیایی، سوخت و صنایع تولید انرژی در استرالیا با به‌کارگیری سیستم پویا (چمبرز، ۱۹۹۱) و از نظریه تجزیه فن‌آوری برای تغییرات در طراحی بنیادین، تغییرات در فرآیندهای ساخت و تولید استفاده به عمل آمده است (هیلبرینک[۹]، ۱۹۸۹).

1- Linstone and Turoff,
2- Breiner
3- Tichy
4- Martino
5- Nelson
6- Akimoto
7- Ulvila
8- Sohn and Ahn
9-S Hilbrink

هم‌چنین از نظزیه فازی برای ارزیابی سیستم‌های پیشرفته ساخت و تولید استفاده شده است که از جمله می‌توان به تحقیق چنگ و ونگ[1] (۲۰۰۹) اشاره کرد. ترکیب ترکیب برخی از روش‌ها با یکدیگر به منظور ارزیابی و انتخاب سیستم‌های پیشرفته ساخت و تولید نیز انجام شده است که مثلاً می‌توان به تحقیق آلمانای و گرینو[2] (۲۰۰۸) اشاره کرد که از دو تکنیک FMEA و QFD برای ارزیابی استفاده کرده اند.

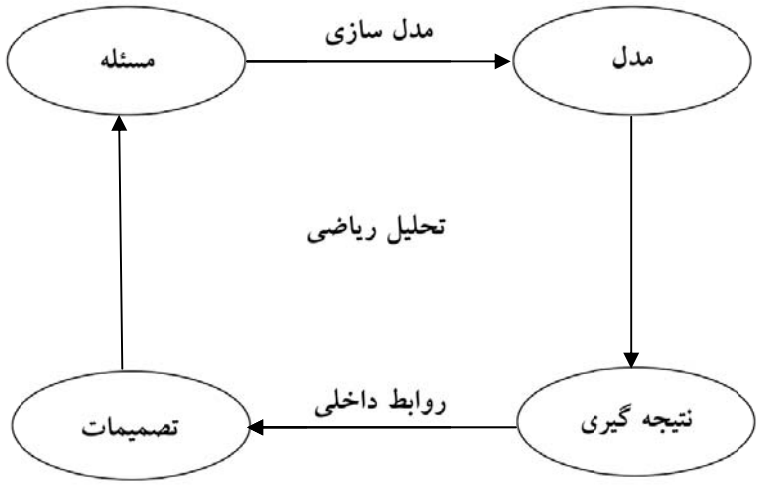
رویکردهای تحلیلی به سه دسته کلی تحلیل‌های ارزشی، تحلیل‌های ریاضی و تحلیل‌های ریسک تقسیم بندی می‌شوند (ناگالینگام و لین، ۱۹۹۷).

- تحلیل ارزش از اطلاعات ذهنی برای تصمیم‌گیری استفاده می‌کند. تحلیل ارزشی را می‌توان برای اولویت دهی به گزینه‌ها مورد استفاده قرار داد. با این‌که در این نوع تحلیل‌ها، از اطلاعات ذهنی استفاده می‌شود اما اطلاعات کمی هم می‌تواند به‌صورت ذهنی و ارزیابی‌های ذهنی مورد توجه قرار گیرد.
- تحلیل ریاضی به‌کارگیری زبان ریاضی برای بیان، تشریح و حل یک مسئله در دنیای واقعی است (هیلیر و لیبرمن[3]، ۲۰۰۷). تحلیل ریاضی به توسط مدل‌های ریاضی انجام می‌پذیرد. منظور از مدل ریاضی، مدلی است که ارتباطات موجود در یک سیستم را به توسط روابط ریاضی تشریح می‌کند. به عبارت دیگر مدل قادر است روابط داخلی پدیده‌ها در مسئله را به‌طور همزمان در نظر بگیرد (هنریکسون، ۱۹۹۷). در دنیای واقعی. مدل ریاضی این توانایی را دارد که می‌تواند مقایسه ای بین جواب‌های ممکنه را انجام دهد و نهایتاً یک گزینه را از بین گزینه‌های موجود با کارایی و سرعت نسبتاً خوب بدست آورد (راردین[4]، ۱۹۹۸). استفاده از مدل‌های ریاضی در واقع پلی است بین تکنیک‌های ریاضی و کاربرد کامپیوتر برای تحلیل یک مسئله پیچیده (هنریکسون، ۱۹۹۷).

فرآیند تحلیل ریاضی در شکل ۲ نشان داده شده است.

1- Chang and Wang
2- Almannai and Greenough
3- Hilier and Liberman
4- Rardin

**شکل ۲. فرآیند تحلیل ریاضی**




تحلیل ریسک یکی از ابزارهایی است که هنگام مواجهه با وقایع احتمالی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. ریسک در سه زمان می‌تواند پدید آید: هنگام مواجهه با بازار جدید، تولید محصول جدید و استقرار مدیریت جدید. کلاً دو جنبه متفاوت از ریسک فن‌آوری وجود دارد. اول، ریسک واقعی یا ریسک ذاتی یک فن‌آوری است که در وجود فن‌آوری نهفته است. مثلاً ریسک داشتن نیروگاههای اتمی صفر نیست و لذا همواره لازم است ریسک داشتن چنین نیروگاه‌هایی را پذیرفت و آن‌ها را مدیریت کرد. دوم، ریسک اجتماعی[1] (ریسکهای اجتماعی) است. این نوع ریسکها غالباً بیشتر از سایر انواع ریسک‌ها برای پذیرش و موفقیت یک فن‌آوری صدمه زننده هستند. شفرد[2] و همکاران (۲۰۰۰) بر این عقیده است که در مباحث مربوط به فن‌آوری، ریسک احتمال آن است که هزینه بسیار زیادی توسط به‌کارگیری یک نوع فن‌آوری به وجود آید. ارزیابی ریسک در فن‌آوری، فرآیندی است برای تعیین اینکه آیا اصولاً به‌کارگیری یک فن‌آوری ریسکی برای شرکت دارد، آن‌ها چه هستند، خصوصیات آن‌ها چیست و چگونه می‌توانند

1- Public
2- Shepherd

مدیریت شوند. آن‌چه برای مدیران اهمیت دارد نه تنها حداقل کردن ریسکهای ناشی از پذیرش و به‌کارگیری آن است بلکه باید به ترتیبی ریسک‌های اجتماعی آن را نیز مدیریت کنند (کیم و همکاران، ۱۹۸۶). هلستروم[1] (۲۰۰۳) اثرات منفی همکاری فن‌آوری، سازمان‌های اجتماعی و زیرساخت‌های بنیادی را برای ارزیابی ریسک فن‌آوری محصول در نظر گرفته است. ویلهایت و لرد[2] (۲۰۰۶) ریسک فن‌آوری را توسط برنامه ITRACS[3] ارزیابی کرده‌اند. برنامه مزبور بر مبنای AHP این امکان را به تمامی اعضای گروه تصمیم گیرنده می‌دهد که به صورت فردی، تابع احتمال فن‌آوری و ریسک را تخمین زده و سپس به ارزیابی تحلیل ریسک بپردازند.

## نگرش‌های استراتژیک

هنگامی که سازمان‌ها قصد دارند تا از فن‌آوری‌های جدید استفاده کنند باید امکان تغییر فن‌آوری را بر اساس اهداف، عوامل داخلی و خارجی و هم‌چنین نیازهای مشتریان را در نظر بگیرند. نگرش‌های استراتژیک بر شاخص‌های کیفی شامل استراتژی‌های کسب و کار، انعطاف‌پذیری در برآورده ساختن خواسته‌های مشتریان و مزیت‌های رقابتی تأکید دارند. در این نگرش، اهداف بلند مدت شرکت برای فن‌آوری‌های جدید مورد توجه قرار می‌گیرد. این نگرش می‌تواند نتایج بهتری را به دنبال داشته باشد هنگامی که همراه با مدل‌های اقتصادی به‌کار گرفته شود.

اردوبادی و مالونی[4] (۲۰۰۱) روشی را به نام "تحلیل ارزش منافع سیستم گسترده"[5] برای کمک به تصمیم گیرندگان ارائه دادند. در این روش ابتدا ارزیابی اقتصادی انجام می‌شود. در صورتی که نتیجه ارزیابی مزبور نشان دهد که سیستم از لحاظ اقتصادی توجیه‌پذیر است ارزیابی دیگری انجام نمی‌شود اما اگر نتیجه ارزیابی از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه بودن پروژه را نشان ندهد آن‌گاه روش مزبور به بررسی سایر عوامل می‌پردازد که منافعش ملموس نبوده و در کوتاه مدت حاصل نمی شود. سپس با در نظر گرفتن این عوامل و مجدداً با عوامل اقتصادی، ارزیابی

1- Hellstrom
2- Wilhite and Lord
3- Internet-Accessible Technology Risk Assessment Computer System
4- Ordoobadi and Mulvaney
5- System Wide Benefits Value Analysis (SWBVA)

مجددی برای اجرای پروژه‌ها انجام می‌شود تا نهایتاً به اجرا یا عدم اجرای پروژه‌ها بیانجامد.

هم‌چنین مک گرت و مک میلان[1] (۲۰۰۰) خلاصه ارزیابی فن‌آوری استراتژیکی[2] را معرفی کردند که بر روی متغییرهای متفاوتی از جمله اندازه و پایداری درآمد بالقوه، سرعت و تاخیر پذیرش بازار، هزینه‌های توسعه، هزینه‌های تبلیغات و دسترسی به بازار، نقاط قوت شرکت، پاسخ رقابت‌های احتمالی و میزان عدم قطعیت سرمایه گذاری می‌کند و مزیت این روش یکپارچه سازی ملاحظات فن‌آوریکی و استراتژیکی می‌دانند. بسیاری از محققین این نگرش را مورد استفاده قرار داده‌اند (بدیرو[3] و همکارن، ۱۹۹۱: کانادا[4]، ۱۹۸۶: کولی و پارسایی[5]، ۱۹۹۲: (مردیت و سورش، ۱۹۸۶: میر[6]، ۱۹۹۲: راماسش و جایاکومار[7]، ۱۹۹۳: مک گرت و و مک میلان، ۲۰۰۰). نگرش‌های استراتژیک تحلیل‌های مختلفی نظر تحلیل بازار، پورتفلیوی فن‌آوری، تحلیل غیر مستقیم و تحلیل منحنی رشد دارد.

یک فن‌آوری باید بتواند احتیاجات بازار را در سطح قابل قبولی از هزینه برآورده سازد. تحلیل بازار در ارزیابی فن‌آوری یک فعالیت نظام مند است که توسط فراهم آورندگان فن‌آوری با توجه به جنبه‌های متفاوت و خصوصیات فن‌آوری تعریف می‌شود. بوند و هاستون[8] (۲۰۰۳) و هم‌چنین روزنکرانز[9] (۲۰۰۳) اشاره کرده‌اند که اندازه بازار بر روی عملکرد سازمان تاثیر می‌گذارد. یکی دیگر از معیارها که برای ارزیابی در نظر گرفته می‌شود چگونگی توانایی کسب بازار برای محصول جدید است (جو و لی[10]، ۲۰۰۰). بر اساس تحقیق شفرد و همکاران، معیارهای مورد استفاده در تحلیل بازار شامل مزیت رقابتی، سابقه سازمان، زمان بندی ورود به بازار، زمان تحویل و پایداری در ارائه تحویل بوده است (شفرد و همکاران، ۲۰۰۰). بر اساس

1- McGrath and MacMillan
2- Strategic Technology Assessment Review (STAR)
3- Badiru
4- Canada
5- Kolli and Parsaei
6- Meyer
7- Ramasesh and Jayakumar
8- Bond and Houston
9- Rosenkranz
10- Jo and Lee

نظر کلپر و سایمونز، رقابت قوی‌ترین عنصر رشد و توسعه فن‌آوری است. در واقع اگر سازمانی توانایی رقابت با سایر سازمان‌ها را نداشته باشد فعالیت آن بیهوده است و هرچه بحث رقابت جدی‌تر باشد امکان موفقیت سازمان بیشتر می‌گردد. معیاری که برای ارزیابی رقابت استفاده می‌شود باید توانایی نشان دادن افزایش و کاهش در تعداد رقابت‌ها را داشته باشد (کلپر و سایمونز[1]، ۲۰۰۰). هم‌چنین سابقه سازمان با توجه به جهت‌های استراتژیکی نقش بسزایی در ارزیابی فن‌آوری دارد (بنتل[2]، ۱۹۹۸: دیلی[3] و همکاران، ۲۰۰۲: جو و لی، ۱۹۹۶). بررسی‌های انجام شده بر روی طرحهای توجیهی سازمان‌های کوچک نشان می‌دهد که بسیاری از این سازمان‌ها مدارک مکتوب از اقدامات پیشین خود ندارند (پری[4]، ۲۰۰۱) که این موضوع موجب دشواری در ارزیابی مدیریت فن‌آوری سازمان می‌گردد. بنابراین سابقه سازمان می‌تواند مبنای خوبی برای ارزیابی توانایی پرسنل باشد (شفرد و همکاران، ۲۰۰۰).

تحلیل پورتفلیوی فن‌آوری، کاربرد سرراستی از مفهوم سیستمی مدیریت فن‌آوری است. پورتفولیوهای فن‌آوری شامل حداقل عمر، تاریخچه تعمیرات، هزینه‌ها (اکتسابی و عملیاتی)، نرخ استفاده، زمان بندی استهلاک، ظرفیت، زمان جایگزینی مورد انتظار و شرایط کلی هر جزء در سیستم است. واتز و همکاران از تحلیل پورتفلیوی فن‌آوری برای کمک به احتیاجات فرآیند بودجه بندی تجهیزات سرمایه‌ای همراه با بهینه‌سازی تصمیمات مرتبط استفاده کرده‌اند (هنریکسون، ۱۹۹۷). همچنسن رایاس برای مدیریت پورتفولیو از این نوع فن‌آوری استفاده کرده است (رایاس[5]، ۲۰۱۰).

تحلیل غیر مستقیم به آن دسته از اثرات جزیی اطلاق می‌شود که یک فن‌آوری ممکن است بر روی جامعه یا اکو سیستم بگذارد (هنریکسون، ۱۹۹۷). بطور کلی، تحلیل غیر مستقیم می‌تواند اثرات مثبت، منفی یا خنثی داشته باشد هر چند که کلمه

1- Klepper and Simons
2- Bantel
3- Daily
4- Perry
5- Rias

"غیر مستقیم" معمولاً بار منفی دارد (احتمالاً بخاطر این حقیقت که جامعه آن را معادل با آلودگی محیط زیست در نظر می‌گیرد). اثرات استفاده از یک فن‌آوری ممکن است لزوماً در جامعه به سرعت ظاهر نشود و حتی ممکن است سالها طول بکشد تا یک فن‌آوری اثرش را نشان دهد. علت این امر جنبه بلند مدت فن‌آوری است که معمولاً به دنبال خود می‌آورد (مثل اثرات فن‌آوری بر روی جامعه یا یک فرهنگ). تفاوت بین اثرات ناشی از یک فن‌آوری و ریسک در اثربخشی ریسک بر روی نتایج مالی شرکت‌ها است اما اثرات یک فن‌آوری نتایج غیر مالی و هزینه‌های اجتماعی را ممکن است به دنبال داشته باشد. مثال کلاسیک اثرات یک فن‌آوری، آلودگی محیط زیست برای یک فرآیند تولید معین است. باید توجه داشت که آلودگی بر روی نهادهایی مانند مردم و اکوسیستم اثر می‌گذارد (هنریکسون، ۱۹۹۷). مدیران فن‌آوری باید به این اثرات جانبی یا غیر مستقیم فن‌آوری توجه کافی داشته باشند تا بتوانند بر روی موفقیت یک فن‌آوری سرمایه گذاری کنند. زادی من و سویدالی[1] (۱۹۸۷) یک ابزار ارزیابی برای تعیین اثرات بالقوه در خصوص طرح‌های تحقیق و توسعه گسترش داده‌اند. هم‌چنین سون و آن (۲۰۰۳) نشان داده‌اند که چگونه می‌توان از یک مدل فن‌آوریکی چند منظوره استفاده کرد تا اطلاعات بیشتری برای تحلیل هزینه سود فراهم شود.

## نتیجه‌گیری از ادبیات تحقیق

اکثر روش‌های ارزیابی اشاره شده یک متدولوژی مناسب را برای در نظر گرفتن عوامل ملموس و ناملموس، کیفی و کمی با در نظر گرفتن دیدگاه‌های مختلف ذی‌نفعان توصیه نکرده‌اند و هنوز این امر به عنوان یک چالش بزرگ در ارزیابی فن‌آوری باقی مانده است.

روش‌های ارزیابی سنتی اقتصادی بیشتر بر روی صرفه جویی در هزینه‌ها و حداکثر ساختن منافع کوتاه مدت تمرکز کرده‌اند (بدیرو، ۱۹۹۰: فالکنر و بن حاجیلا[2]، ۱۹۹۰: نوبل[1]، ۱۹۹۰: راماسش و جایاکومار، ۱۹۹۳). درواقع مدیران بر

1- Zaidman and Cevidalli
2- Falkner and Benhajila

حسب عادت، منافع کوتاه مدت را بر منافع بلند مدت حاصل از به‌کارگیری فن‌آوری‌های جدید ترجیح می‌دهند به این علت که می‌توانند منافع حاصل شده در کوتاه مدت را در ترازنامه سالانه بگنجانند که نهایتاً سهامداران را راضی می‌کند در حالیکه منافع بلند مدت این چنین نیست و منافع آن ممکن است سالیان سال به طول بیانجامد تا خود را نشان دهد و حتی ممکن است در زمان مدیریت فعلی در شرکت اتفاق نیافتد. به علاوه ارزیابی‌های اقتصادی معمولاً ارزش زمانی پول را در نظر نگرفته و با توجه به حجم بسیار زیاد سرمایه گذاری بر روی فن‌آوری‌های جدیدی که تاثیر فوق العاده‌ای بر روی عملکرد یک شرکت می‌گذارد ممکن است هیچ‌گاه مقرون به صرفه بودن به‌کارگیری آنها را نشان ندهد زیرا این دسته از فن‌آوری‌ها وضوحاً منافع اقتصادی کوتاه مدت ندارند. روش‌های ارزیابی فن‌آوری تشریح شده را می‌توان از ابعاد دقت، زمان بر بودن، سهولت و قابلیت انعطاف پذیری بررسی نمود.

باید توجه داشت که هیچ روشی ۱۰۰٪ دقت ندارد اما برخی روش‌ها واضحاً از دقت لازم برخوردار نیستند. با این‌که روش امتیاز دهی و AHP اهمیت شاخص‌ها را با توجه به اهداف یا گزینه‌های تصمیم‌گیری در نظر می‌گیرد اما به علت ناسازگاری در مقایسه‌های دو به دو، ممکن است از دقت کافی برخوردار نباشد. در روش‌های اقتصادی نیز دقت لازمه وجود ندارد زیرا اولاً ارزش زمانی پول و تورم در بسیاری از این روش‌ها لحاظ نمی‌شود و ثانیاً در این روش‌ها باید برآوردهایی از منافع و هزینه‌های آتی ارائه شود که نمی توان به درستی آن‌ها را تخمین زد.

از لحاظ زمان بر بودن نیز باید توجه داشت که در برخی از روش‌ها، فرآیند تصمیم‌گیری و دستیابی به یک انتخاب مناسب، در زمان معقول میسر نیست. این مشکل به ویژه در مدل‌های ریاضی نظیر برنامه ریزی عدد صحیح، برنامه ریزی غیر خطی و سیستم‌های پویا وجود دارد. وقتی تعداد متغیرها یا محدودیت‌های افزایش می‌یابد زمان صرف شده برای حل این مسائل بطور نمایی افزایش می‌یابد. مقایسه‌های دو به دوی AHP نیز اغلب زمان بر هستند به ویژه وقتی تعداد معیارها و

1- Noble

تعداد گزینه‌های تصمیم‌گیری افزایش می‌یابند. این مشکل هنگامی بدتر می‌شود که نرخ سازگاری محاسبه شده برای هر ماتریس تصمیم‌گیری، حد لازمه را نداشته باشد.

برخی از روش‌ها بسیار ساده هستند. مثلاً روش دوره بازگشت سرمایه بسیار ساده عمل می‌کند اما از نرخ بهره و نرخ تورم برای محاسبات خود غفلت می‌ورزد. بسیاری از روش‌ها بطور کامل تمام منافع حاصل از منافع بالقوه سیستم را که می‌تواند به توسط فن‌آوری‌های جدید کسب شود را به حساب نمی‌آورند. در بسیاری از اوقات، روشها تنها یک سری پیشنهاد ارائه می‌کنند و نهایتاً امر تصمیم‌گیری را به خود تصمیم گیرنده واگذار می‌کنند.

برخی از روش‌ها نسبت به برخی دیگر از آنها قابلیت انعطاف پذیری بیشتری دارند بطوریکه می‌توانند تحت شرایط گوناگون بکار گرفته شوند. مثلاً روش AHP انعطاف پذیری بیشتری نسبت به روش مطلوبیت چند شاخصه دارد (فورمن و گس[1]، ۲۰۰۱) یا مثلاً در برنامه ریزی استراتژیک، اهداف دارای اهمیت بوده و عامل اصلی در پذیرش یک فن‌آوری محسوب می‌شود در حالیکه ممکن است ارزش منفرد گزینه‌ها مورد توجه قرار نگیرد زیرا فشار اصلی در دستیابی به اهداف است. روشهای ارزیابی اقتصادی نیز انعطاف پذیری لازم را ندارند زیرا با وجود نرخ تورم و نادیده انگاشتن این روشها از آن، نمی توان آنها را در هر موقعیتی بکار گرفت.

بنابراین مهمترین نتیجه از ادبیات تحقیق، این است که روشهای ذکر شده به ندرت از دیدگاه‌های مختلف ذی‌نفعان برای دستیابی به یک جواب مناسب بهره گرفته اند. در آن دسته از مقاله‌هایی هم که دیدگاههای مختلف ذی‌نفعان در نظر گرفته شده است برای شناسایی شاخص‌ها و معیارهای مسئله بوده است. در این مقاله دیدگاههای مختلف ذی‌نفعان در تشکیل مدل‌های ریاضی نقش خود را ایفا خواهند کرد که در ادامه مقاله، به آن پرداخته خواهد شد.

1- Forman and Gass

## روش پیشنهادی

ایده اصلی در روش پیشنهادی تجزیه مسئله از دید هر ذی‌نفع درگیر در مسئله، به عناصری است که بتوان ارزش یا ارجحیت آن‌ها را بر مبنای یک روش چند معیاره با توجه به اهداف پیش بینی شده بدست آورد. در مسائلی که معیارهای مختلفی برای ارزیابی وجود دارد و گزینه برتر باید از بین گزینه‌های محدود انتخاب شود هر گزینه می‌تواند از جنبه یک معیار گزینه برتر باشد (خاتمی فیروزآبادی و هنسون، ۲۰۰۴). بدیهی است گزینه نهایی انتخاب شده از دید یک ذی‌نفع، گزینه ای نیست که از لحاظ تمام معیارها، برترین باشد. بنابراین گزینه نهایی انتخاب شده، از لحاظ هر معیار نسبت به گزینه برتر از لحاظ یک معیار خاص دارای فاصله ای است. اگر گزینه نهایی انتخاب شده از دید یک ذی‌نفع، گزینه ای باشد که از لحاظ یک معیار خاص بهترین باشد این فاصله برابر صفر است. در غیر این صورت، فاصله ای وجود دارد که لازم است با توجه به اهمیت معیار، در ارزیابی لحاظ گردد. البته منظور از فاصله، فاصله نامطلوب است نه فاصله مطلوب. مثلاً اگر هزینه گزینه نهایی انتخاب شده برابر ۱۰۰ باشد و هزینه یک گزینه دیگر ۵۰ باشد آنگاه فاصله بین این دو هزینه، یعنی ۵۰ واحد هزینه از دید گزینه انتخاب نشده، یک فاصله مطلوب است زیرا هرچه هزینه کمتر باشد بهتر است.

آنچه در این روش به بحث پرداخته می‌شود و اهمیت پیدا می‌کند این است که هر ذی‌نفع می‌تواند نظرات متفاوتی در خصوص اهمیت هر معیار یا گزینه تصمیم‌گیری ارائه کند.

در روش پیشنهادی از ترکیب دو تکنیک تحقیق در عملیات، تکنیک‌های برنامه ریزی آرمانی صفر یا یک و AHP، استفاده می‌شود. برنامه ریزی آرمانی که مبتنی بر برنامه ریزی خطی است روشی است که می‌تواند در وضعیت‌هایی با چندین هدف بکار گرفته شود. در روش پیشنهادی، هر معیار به عنوان یک آرمان در نظر گرفته می‌شود که دسترسی به آن یا بطور کامل انجام می‌شود (بدون داشتن هیچ انحرافی از آرمان) و یا اینکه دست‌یابی کامل نیست (انحراف از آرمان وجود خواهد داشت). سپس با محدودیت‌های منابع موجود در مسئله، تصمیم گیرنده تلاش می‌کند تا

جوابی را بدست آورد که تا حد ممکن به تمام آرمان‌ها نزدیک باشد. از سوی دیگر روش AHP می‌تواند ارجحیت معیارها نسبت به یکدیگر و ارجحیت گزینه‌های تصمیم‌گیری را معین سازد. ارجحیت‌های بدست آمده از این روش، در سمت چپ و راست محدودیت‌های آرمانی و ضرایب تابع هدف مدل برنامه ریزی آرمانی عدد صحیح صفر یا یک قرار می‌گیرند.

ترکیب این دو روش در تحقیقات بدری[1] (۱۹۹۹ و ۲۰۰۱) و هم‌چنین اشنایدرجان و گاروین[2] (۱۹۹۷) و اشنایدرجان و ویلسون[3] (۱۹۹۱) بکار گرفته شده است. بدری ترکیب این روش‌ها را برای مسائل تخصیص و کنترل کیفیت سیستم‌ها مورد استفاده قرار داده در حالیکه اشنایدرجان با همکارانش ترکیب این روش‌ها را در انتخاب هزینه‌ها در سیستم هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت و انتخاب طرح‌های سیستم‌های اطلاعاتی به کار گرفته‌اند. هم‌چنین خاتمی فیروزآبادی و همکاران (۲۰۰۸) از ترکیب این دو روش برای انتخاب طرح‌های استراتژی صنایع خودروسازی استفاده کرده‌اند. ادعا شده است که ترکیب این روش‌ها موثر تر از بکارگیری تک تک این روش‌هاست.

در روش پیشنهادی، هر معیار یا زیر معیار تشکیل یک محدودیت در مدل برنامه ریزی آرمانی صفر یا یک را خواهد داد. اوزان کلی معیارها که به توسط روش AHP بدست می‌آید ضرایب تابع هدف مدل ترکیبی را تشکیل می‌دهد. هم‌چنین ضرایب گزینه‌های تصمیم‌گیری از لحاظ یک معیار خاص سمت چپ محدودیت‌ها را تشکیل می‌دهد که از AHP حاصل می‌شود، در حالیکه سمت راست محدودیت‌ها، بهترین وزن برای معیار مورد نظر است که قاعدتاً از روی بهترین گزینه مربوط به آن معیار بدست می‌آید. مدل ترکیبی به حداقل سازی انحرافات از معیارها برای هر ذی‌نفع می‌پردازد در حالیکه سمت راست محدودیت‌های آرمانی بهترین درجه اهمیت مربوط به هر معیار است که توسط روش AHP بدست آمده است. بنابراین با حل مدل، جوابی بدست خواهد آمد که نه تنها درجه اهمیت معیارها

1- Badri
2- Schniederjans and Garvin
3- Wilson

در مدل لحاظ شده است بلکه درجه دسترسی به هر یک از معیارها در آن وجود دارد. فاصله‌های ذکر شده که مدل بر آن تاکید دارد در واقع همان مقدار متغیرهای کمکی یا مازاد در مدل برنامه ریزی آرمانی است. فرآیند بهینه سازی مدل تلاش بر حذف آن گزینه‌های تصمیم‌گیری دارد که فواصل نامطلوب را با توجه به درجه اهمیت معیارها به وجود آورده است. بنا به ماهیت مدل مذکور، گزینه‌ای انتخاب خواهد شد که کم‌ترین فاصله نامطلوب را در کل داشته باشد.

## مطالعه موردی

به منظور بکارگیری روش پیشنهادی، یکی از شرکت‌های تولید کننده لوازم خانگی در نظر گرفته شده است. شرکت مزبور قصد دارد تا به ارزیابی و انتخاب سیستم‌های پیشرفته ساخت و تولید[1] (AMS) بپردازد. با نظر سنجی از اعضای هیات مدیره شرکت و مدیران میانی، تعداد ۳ ذی‌نفع برای مسئله در نظر گرفته شد که عبارتند از: مدیر عامل شرکت که خود بیان کننده نظرات اعضای هیات مدیره است، مدیر ساخت و تولید که می‌تواند در خصوص پیچیدگی‌های فرآیند تولید و مشکلات خاص مربوط به عملیات تولیدی اظهار نظر کند و بالاخره مدیر بازاریابی و فروش شرکت که می‌تواند انعکاس دهنده وضعیت فروش شرکت و در نظر گرفتن خواسته‌های مشتریان باشد. از سوی دیگر لازم است که معیارهای ارزیابی این نوع سیستم‌ها شناسایی و مهم‌ترین آن‌ها در نظر گرفته شوند. برای این کار، با بررسی اطلاعات مشابه قبلی تعداد ۲۰ معیار شناسایی شد. سپس پرسشنامه ای تنظیم و از مدیران شرکت خواسته شد مهم‌ترین آن‌ها را رتبه‌بندی نمایند. نهایتاً از بین ۲۰ معیار، ۱۲ معیار که امتیازشان بیش‌تر بود برای ارزیابی در نظر گرفته شدند. معیارهای انتخاب شده و گزینه‌های تصمیم‌گیری مورد نظر شرکت در شکل ۳ نشان داده شده است.

بر اساس روش AHP پرسشنامه ای طراحی و در اختیار ذی‌نفعان قرار داده شد تا ترجیحات ذی‌نفعان چه از لحاظ مقایسه بین معیارها و هم‌چنین مقایسه بین گزینه‌های

1- Advanced Manufacturing Systems (AMS)

تصمیم‌گیری با هر یک از معیارها انجام شود. نتایج بکار گیری AHP برای هر ذی‌نفع و اوزان به دست آمده برای هر یک از معیارها و گزینه‌های تصمیم‌گیری به شرح جدول ۱ است.

همان‌گونه که از جدول ۱ مشاهده می‌شود ذی‌نفعان مختلف، گزینه‌های مختلفی را پیشنهاد می‌نمایند. سوالی که اکنون مطرح می‌شود این است که بالاخره کدامیک از گزینه‌ها باید انتخاب شود. برای این منظور می‌توان از روش میانگین هندسی برای ادغام نظرات ذی‌نفعان در ماتریس مقایسه‌های دو به دو استفاده کرد و نهایتاً یک گزینه را انتخاب نمود. اولسن[1] (۱۹۹۸) این راه را یکی از راه‌های ادغام نظرات برای انتخاب یک گزینه از بین گزینه‌های موجود دانسته است. ضعف این روش در این است که تمام ذی‌نفعان باید بر روی یک سلسله مراتب واحد برای مسئله توافق نمایند. اگر هر ذی‌نفعی سلسله مراتب خاص خود را داشته باشد دیگر این روش نمی تواند راه‌گشا باشد. نقطه ضعف دیگر این روش در این است که نمی تواند فاصله هر معیار را از آنچه بهترین مقدار برای آن است در نظر بگیرد و آن را در فرآیند منظور کند. مثلاً یک معیار خاص می‌تواند از دیدگاه ۲ ذی‌نفع دارای مقادیر گوناگونی مثل ۰۶۴ و ۰.۳۶ باشد. فرض کنید که بهترین گزینه انتخاب شده اتفاقاً آن گزینه ای باشد که وزن این معیارش برابر ۰.۶۴ بوده است. اکنون اگر گزینه انتخاب نشده در نظر گرفته شود این گزینه یک فاصله ۰.۲۸(=۰.۳۶-۰.۶۴) دارد که در فرآیند انتخاب منظور نشده است. اگر این معیار مثلاً ۲۰ درصد وزن داشته باشد آن‌گاه گزینه انتخاب شده می‌تواند تحت تأثیر این اختلاف قرار گیرد.

از آنجا که جواب‌های مختلفی از لحاظ رتبه بندی گزینه‌ها مشاهده می‌شود بنابراین نمی توان یک گزینه را به عنوان گزینه نهایی انتخاب کرد. به منظور دستیابی به یک گزینه مطلوب، مدل برنامه ریزی زیر تشکیل می‌گردد که در آن، ضرایب تابع هدف، وزن هر معیار تصمیم‌گیری (معیارهای ۱۲ گانه) است که از گرفتن میانگین هندسی مقایسه‌های دو به دو و محاسبات AHP حاصل شده است. اعداد سمت راست محدودیت‌ها، بهترین وزن یک گزینه در ارتباط با یک معیار است و

1- Olson

ضرایب سمت چپ در هر محدودیت نیز اوزان نسبی مربوط به هر گزینه در رابطه با یک معیار است. مدل مزبور سعی بر انتخاب آن گزینه‌ای دارد که از لحاظ معیارها، کم‌ترین فاصله نامطلوب را با توجه به اهمیت‌های نسبی هر معیار داشته باشد.

مدل زیر، مدل برنامه ریزی آرمانی صفر یا یک مزبور را نشان می‌دهد. در این مدل، متغیرهای d با علامت مثبت و منفی بیانگر میزان انحراف مثبت یا منفی از هدف هر آرمان است (که در اینجا هر محدودیت بیانگر یک معیار است که یا با انتخاب یک گزینه، ممکن است به بهترین عدد مربوط به هر معیار دست یافت و یا اینکه فاصله‌ای از بهترین عدد خواهد داشت). متغیرهای TL، FMS، FMC، FMM و JS متغیرهای صفر یا یکی هستند که دلالت بر انتخاب یک گزینه (۱) و عدم انتخاب (۰) آن دارد.

$$Min\ 0.134d_{01}^{-} + 0.171d_{02}^{-} + 0.068d_{03}^{-} + 0.073d_{04}^{-} + 0.082d_{05}^{-} + 0.061d_{06}^{-} + 0.124d_{07}^{-} + 0.090d_{08}^{-} \quad (۱)$$

$$+ 0.054d_{09}^{-} + 0.073d_{10}^{-} + 0.049d_{11}^{-} + 0.021d_{12}^{-}$$

**Subject to**

$$0.036TL + 0.499FMS + 0.239FMC + 0.149FMM + 0.077JS + d_{01}^{-} - d_{01}^{+} = 0.499 \quad (۲)$$

$$0.141TL + 0.491FMS + 0.243FMC + 0.086FMM + 0.039JS + d_{02}^{-} - d_{02}^{+} = 0.491 \quad (۳)$$

$$0.149TL + 0.483FMS + 0.218FMC + 0.107FMM + 0.044JS + d_{03}^{-} - d_{03}^{+} = 0.483 \quad (۴)$$

$$0.146TL + 0.537FMS + 0.193FMC + 0.081FMM + 0.043JS + d_{04}^{-} - d_{04}^{+} = 0.537 \quad (۵)$$

$$0.150TL + 0.506FMS + 0.210FMC + 0.091FMM + 0.042JS + d_{05}^{-} - d_{05}^{+} = 0.506 \quad (۶)$$

$$0.130TL + 0.493FMS + 0.242FMC + 0.098FMM + 0.036JS + d_{06}^{-} - d_{06}^{+} = 0.493 \quad (۷)$$

$$0.445TL + 0.284FMS + 0.151FMC + 0.079FMM + 0.041JS + d_{07}^{-} - d_{07}^{+} = 0.445 \quad (۸)$$

$$0.462TL + 0.297FMS + 0.126FMC + 0.079FMM + 0.037JS + d_{08}^{-} - d_{08}^{+} = 0.462 \quad (۹)$$

$$0.118TL + 0.503FMS + 0.252FMC + 0.087FMM + 0.039JS + d_{09}^{-} - d_{09}^{+} = 0.503 \quad (۱۰)$$

$$0.505TL + 0.261FMS + 0.132FMC + 0.067FMM + 0.035JS + d_{10}^{-} - d_{10}^{+} = 0.505 \quad (۱۱)$$

$$0.027TL + 0.069FMS + 0.136FMC + 0.266FMM + 0.502JS + d_{11}^{-} - d_{11}^{+} = 0.502 \quad (۱۲)$$

$$0.115TL + 0.482FMS + 0.261FMC + 0.100FMM + 0.042JS + d_{12}^{-} - d_{12}^{+} = 0.482 \quad (۱۳)$$

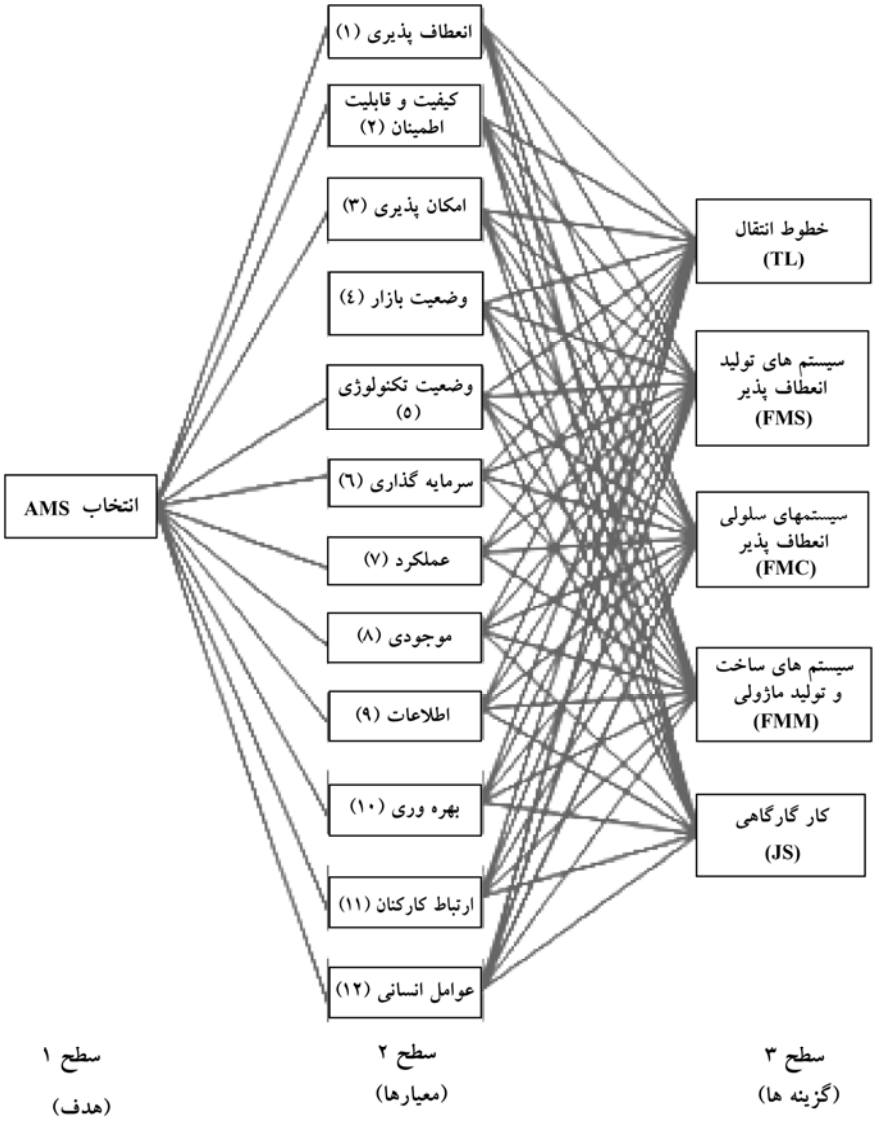
$$TL + FMS + FMC + FMM + JS = 1 \quad (۱۴)$$

$$d_{01}^{-} + d_{02}^{-} + d_{03}^{-} + d_{04}^{-} + d_{05}^{-} + d_{06}^{-} + d_{07}^{-} + d_{08}^{-} + d_{09}^{-} + d_{10}^{-} + d_{11}^{-} + d_{12}^{-} - d_{S} = 0 \quad (۱۵)$$

$$TL, FMS, FMC, FMM, JS \in (0,1) \quad (۱۶)$$

$$d_{j}^{+/-} \geq 0 \qquad (j = 1,2,\cdots,12) \quad (۱۷)$$

**شکل ۳. سلسله مراتب تصمیم‌گیری مسئله انتخاب AMS با معیارها و گزینه‌های آن**



**جدول ۱. وزن اختصاص یافته به هر معیار از سوی هر ذی‌نفع و رتبه بندی نهایی گزینه‌ها از سوی آنها**

| معیار | وزن اختصاص یافته از سوی ذی‌نفع ۱ (مدیر عامل) | وزن اختصاص یافته از سوی ذی‌نفع ۲ (مدیر ساخت و تولید) | وزن اختصاص یافته از سوی ذی‌نفع ۳ (مدیر بازاریابی و فروش) |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۰.۲۰۲ | ۰.۰۹۴ | ۰.۰۷۴ |
| ۲ | ۰.۲۱۴ | ۰.۱۰۲ | ۰.۱۳۳ |
| ۳ | ۰.۰۲۶ | ۰.۱۰۸ | ۰.۰۶۷ |
| ۴ | ۰.۰۴۲ | ۰.۰۲۲ | ۰.۲۴۱ |
| ۵ | ۰.۰۳۸ | ۰.۰۸۳ | ۰.۱۰۲ |
| ۶ | ۰.۱۱۰ | ۰.۰۱۳ | ۰.۰۹۳ |
| ۷ | ۰.۱۲۹ | ۰.۲۰۴ | ۰.۰۴۳ |
| ۸ | ۰.۱۱۰ | ۰.۱۲۴ | ۰.۰۳۱ |
| ۹ | ۰.۰۱۴ | ۰.۰۵۹ | ۰.۱۰۹ |
| ۱۰ | ۰.۱۲۳ | ۰.۱۱۰ | ۰.۰۱۷ |
| ۱۱ | ۰.۰۱۷ | ۰.۰۵۳ | ۰.۰۷۷ |
| ۱۲ | ۰.۰۱۷ | ۰.۰۲۸ | ۰.۰۱۳ |
| اولویت گزینه ها | 1- FMS (0.412)<br>2- TL (0.236)<br>3- FMC (0.198)<br>4- FMM (0.099)<br>5- JS (0.055) | 1- FMM (0.372)<br>2- JS (0.224)<br>3- FMS (0.203)<br>4- FMC (0.151)<br>5- TL (0.050) | 1- FMC (0.281)<br>2- FMS (0.232)<br>3- FMM (0.219)<br>4- TL (0.174)<br>5- JS (0.094) |

معادله (۱) در مدل بیانگر تابع هدف است که در آن به حداقل سازی انحرافات نامطلوب با توجه به ضرایب اهمیت آنها از دید هر سه ذی‌نفع پرداخته شده است. به عبارت دیگر ضرایب متغیرهای انحرافی در تابع هدف، میانگین هندسی نظرات ذی‌نفعان در خصوص ماتریس مقایسه‌های دو به دو معیارها بوده است. معادله (۲) تا (۱۳) به ترتیب متناظر با معیار اول تا معیار دوازدهم، یعنی معیار انعطاف‌پذیری تا معیار عوامل انسانی است. ضرایب این معادلات، وزن‌های نسبی اختصاص یافته از دید ذی‌نفعان مختلف است به این معنی که درجه مطلوبیت گزینه‌ها را نسبت به هم در رابطه با یک معیار نشان می‌دهد. به عنوان مثال عدد ۰.۰۳۶ در معادله (۲)، اهمیت نسبی گزینه خطوط انتقال (TL) است هنگامی که این گزینه در رابطه با معیار

انعطاف‌پذیری با سایر گزینه‌ها مقایسه می‌شود. عدد سمت راست هر محدودیت بهترین عدد ضرایب سمت چپ است زیرا مثلاً در رابطه با معیار انعطاف پذیری، بهترین گزینه، گزینه FMS است. بدیهی است اگر نهایتاً گزینه FMS انتخاب شود متغیر انحرافی در معادله (۲) برابر صفر می‌شود و هیچ‌گونه انحرافی وجود ندارد. در غیر این صورت، فاصله ای وجود خواهد داشت که به توسط متغیر انحرافی آن با توجه به ضریب اهمیتش در نظر گرفته خواهد شد. معادله (۱۴) به این موضوع می‌پردازد که از بین گزینه‌های تصمیم‌گیری فقط و فقط باید یک گزینه انتخاب شود اگرچه با تغییر عدد سمت راست آن به عدد ۲، این امکان وجود خواهد داشت که ۲ گزینه تصمیم‌گیری نیز انتخاب شود. بسیاری از مواقع سازمان‌ها می‌توانند بیش از یک گزینه تصمیم‌گیری را نیز انتخاب نمایند. معادله (۱۵) جمع متغیرهای نامطلوب را نشان می‌دهد. این معادله هنگامی مفید واقع می‌شود که مدیریت در نظر داشته باشد مقدار کل دست نیافتگی معیارها در صورت انتخاب بهترین گزینه را تعیین کند. این‌که گزینه‌های تصمیم‌گیری یا انتخاب شده و یا انتخاب نمی‌شوند به توسط معادله (۱۶) نشان داده شده و نهایتاً لازم است متغیرهای انحرافی وابسته به هر محدودیت، نامنفی باشند که این مورد نیز در معادله (۱۷) نشان داده شده است.

## حل مدل و تفسیر نتایج

با حل مدل فوق، ترتیب بهترین گزینه‌ها به شرح زیر بدست می‌آید:

| گزینه | FMS | TL | FMC | FMM | JS |
|---|---|---|---|---|---|
| ترتیب | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ٥ |

هر چند نتیجه حاصل از روش مذکور با جواب بدست آمده از به‌کارگیری روش AHP برای ذی‌نفع اول تطابق دارد اما نتیجه بدست آمده متفاوت با رتبه بندی سایر ذی‌نفعان است. باید توجه داشت که در روش AHP به ذی‌نفعان مختلف وزن یا درجه اهمیت اختصاص داده نشده بود به این معنی که اهمیت تک تک ذی‌نفعان با هم یکسان بود. اما روش ارائه شده علاوه بر رتبه بندی گزینه‌ها اطلاعات ذی‌قیمتی در اختیار ذی‌نفعان قرار می‌دهد که می‌تواند برای نتیجه گیری نهایی از سوی مدیران

مفید باشد.

باید توجه داشت وقتی مدل حل می‌شود نه تنها بهترین گزینه را با مقدار ۱ مشخص می‌کند بلکه مقدار عددی سایر متغیرها از جمله متغیرهای انحرافی را نیز معین خواهد کرد. مقدار متغیرهای انحراقی نشان می‌دهد که در صورت انتخاب گزینه برتر، به کدام یک از معیارها دست‌یابی کامل حاصل شده و کدامیک از معیارها نتوانسته‌اند برقرار شوند. هم‌چنین مقدار متغیر $d_s$ که بیان‌گر عدم دست‌یابی به کل معیارها در صورت انتخاب یک گزینه خاص است می‌تواند در تصمیم‌گیری‌ها مفید واقع شود. علاوه بر این دو، مقدار تابع هدف مدل است نشان دهنده کل میزان انحراف با توجه به اهیمت معیارهاست.

با حل مدل فوق که نتیجه نهاییش بصورت رتبه‌بندی گزینه‌ها ظاهر می‌شود می‌توان اطلاعات زیر را نیز بدست آورد. جواب مدل نشان می‌دهد که وقتی گزینه FMS انتخاب می‌شود تنها دو معیار بهره وری و ارتباط کارکنان (معیارهای ۱۰ و ۱۱) به‌طور کامل برآورده نمی‌گردند اما سایر معیارها با این انتخاب کاملاً ارضا می‌شوند. هم‌چنین کل عدم دست‌یابی به معیارها برابر ۱.۰۰۳ خواهد بود که می‌تواند هنگام انتخاب یک گزینه غیر برتر با این مقدار مقایسه شود. مثلاً اگر گزینه TL انتخاب شود کل عدم دست‌یابی به ۳.۴۸۴ می‌رسد که به مراتب از ۱.۰۰۳ بزرگ‌تر است. عدد فوق به این معنی است که با این انتخاب، تعداد بیش‌تری از معیارها به‌طور کامل برآورده نشده‌اند. همین نوع تحلیل را می‌توان برای مقدار تابع هدف انجام داد.

## نتیجه گیری

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 در خصوص پذیرش یا اکتساب یک نوع خاص از فن‌آوری از آن‌ها بطور موثری استفاده کنند. در این مقاله سعی گردید تا رویکردهای مختلفی که در ارزیابی فن‌آوری‌های جدید مورد توجه بوده‌اند مختصراً توضیح داده شده، اشکالات وارد بر آن‌ها تشریح گردد و سپس روشی بر

مبنای ترکیب روش AHP با برنامه ریزی آرمانی صفر یا یک توسعه یابد. باید توجه داشت که روش‌های جدید نه تنها باید مکمل روش‌های قبلی باشند (نه جایگزین آن‌ها)، بلکه باید آن چنان آسان باشد که افراد غیر متخصص نیز توانایی درک آن را داشته باشند (رایاس، ۲۰۱۰). همچنین لازم است طریق استفاده از روش‌ها انعطاف‌پذیری لازم را برای مواجهه با حقایق جدید دارا بوده و بتوانند ارزیابی سریعی از موقعیت بدست دهند. هم‌چنین بهتر است روش بگونه‌ای عمل نماید که بتواند از هر دو جنبه شفاهی و کتبی برای ارزیابی استفاده کند.

در انتخاب فن‌آوری‌های جدید، تصمیمات از نوع بلی یا خیر است. به این دلیل، برنامه ریزی صفر یا یک ابزار مناسبی برای انتخاب یک گزینه از بین گزینه‌های موجود است. باید توجه داشت که فن‌آوری‌های مختلف می‌توانند به ۴ طریق مختلف دسته‌بندی شوند. اولاً، بین فن‌آوری جدید با فن‌آوری‌های موجود می‌تواند وابستگی وجود داشته باشد. دوماً، دو فن‌آوری ممکن است مکمل یکدیگر باشند مثل فن‌آوری ماشین کاری در مقابل فن‌آوری سنجش دقت. سوماً، فن‌آوری‌های مختلف می‌توانند کاملاً مستقل از هم باشند با هیچ نوع ارتباطی بین آنها وجود نداشته باشد. چهارماً، دو فن‌آوری ممکن است با هم رقیب باشند و بنابراین یک فن‌آوری جدید می‌تواند جایگزین دیگری شود. در تمام حالات فوق، برنامه ریزی صفر یا یک می‌تواند برای مشخص کردن فن‌آوری مناسب مورد استفاده قرار گیرد. به عبارت دیگر برنامه‌ریزی صفر یا یک می‌تواند تمام چهار حالت ذکر شده را پوشش دهد. از سوی دیگر شرکت‌ها معمولاً بیشتر از یک هدف دارند که در نظر دارند تا حد ممکن به آن‌ها دست یابند. برنامه‌ریزی آرمانی می‌تواند تمام اهداف کمی را دربر گیرد و انحرافات ناخواسته بد را به حداقل برساند اما برای در نظر گرفتن اهداف کیفی، می‌توان از AHP برای تعیین درجه اهمیت معیارها استفاده نمود و پس از تبدیل معیارهای کیفی به اعداد، آن‌ها را در برنامه‌ریزی آرمانی درون تابع هدف (روش مجموع وزین) منظور کرد. هم‌چنین می‌توان ضرایب بدست آمده از روش AHP را در محدودیتهای مدل برنامه‌ریزی آرمانی قرار داد تا مدل بتواند انحرافات ناخواسته بد را با توجه به اعداد سمت راست محدودیت‌های متناظر با

معیارها، حداقل کرد. هم‌چنین در این نوع مدل امکان این‌که محدویت‌هایی نظیر بودجه، نیروی انسانی و غیره را دخیل کرد وجود دارد مشروط بر آنکه این عوامل ابتدا نرمال شده و سپس در مدل منظور گردند.

بنابراین ترکیب AHP با برنامه‌ریزی آرمانی صفر یا یک می‌تواند ابزار ارزشمندی برای ارزیابی فن‌آوری‌های جدید تلقی گردد. لازم به ذکر است که می‌توان از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه نیز استفاده کرد اما همان‌طور که اشاره شد سایر روش‌ها از دید تصمیم گیرندگان سهولت لازم را نداشته و تصمیم‌گیرندگان نمی‌توانند به آسانی با این روش‌ها ارتباط برقرار نمایند.

آنچه باید در اینجا ذکر شود این موضوع است که در این مطالعه، فرض بر این بود که ذی‌نفعان مختلف همگی بر روی یک ساختار سلسله مراتبی توافق نموده‌اند و آنچه ذی‌نفعان را از هم مجزا می‌سازد درجه اهمیتی است که هر یک از معیارها با توجه به هر ذی‌نفع خواهد داشت. اما در عمل ممکن است نه تنها ذی‌نفعان حتی بر روی ساختار مسئله توافق نداشته باشند بلکه ممکن است بر روی درجه اهمیت معیارها نیز چنین توافقی حاصل نشود. بنابراین یکی از موضوعات تحقیقات آتی می‌تواند به این دسته از مسائل بپردازد.

## منابع


1. **Akimoto, K., Tomoda, T., and Fujii, Y.** (2005). "Development of a mixed integer programming model for technology development strategy and its application to IGCC technologies", Energy, Vol. 30, No. 7, 1176-1191.
2. **Almannai, B., and Greenough, R.J.** (2008). "A decision support tool based on QFD and FMEA for the selection of manufacturing automation technologies", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 24, 501–507.
3. **Ayres, R.U.** (1992). "CIM: a challenge to technology management", *International Journal of Technology Management*, Vol. 7, No 1-3, 17-39.
4. **Badri, M.A.** (1999). "Combining the analytic hierarchy process and goal programming for global facility location-allocation problem", *International Journal of Production Economics*, 62: 237-248.
5. **Badri, M.A.** (2001). "A combined AHP-GP model for quality control systems", *International Journal of Production Economics*, 72, 27-40.
6. **Badiru, A.B**. (1990). "A management guide to automation cost justification", J*ournal of Industrial. Eng*, Vol. 22, No 2, 27-30.
7. **Badiru, A.B., Foote, B.L., and Chetupuzha, J.** (1991). "A multi-attribute spreadsheet model for manufacturing technology justification", *Journal of Computers and Industrial Engineering*, Vol. 21, No 1-4, 29-33.
8. **Bantel, K.A.** (1998). "Technology-based, ‘‘adolescent’’ firm configurations: strategy identification, context, and performance", *Journal of Business Venturing*, Vol. 13, No 3, 205–230.
9. **Bond, E.U., and Houston, M.B.** (2003). "Barriers to matching new technologies and market opportunities in established firms", *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 20, No 2, 120–135.
10. **Boyer, K.K., Ward, P., and Leong, G.K.** (1996). "Approaches to the factory of the future: An empirical taxonomy", *Journal of Operations Management*, Vol. 14, No 4, 297-314.
11. **Breiner, S., Cuhls, G., and Grupp, H.** (1994). "Technology foresight using a Delphi approach: a Japanese-German co-operation", *R & D Management*, Vol. 24, No 2, 141-153.
12. **Buyurgan, N. and Saygin, C.** (2008). "Application of the analytical hierarchy process for real-time scheduling and part routing in advanced manufacturing systems", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 27, 101-110.
13. **Canada, J. R**. (1986). "Non-traditional method for evaluating CIM opportunities assign weights to intangibles", *Journal of Industrial Engineering.*, Vol. 18, No 3, 66-71.
14. **Capon, N., and Glazer, R.** (1991). "Marketing and technology: a strategic co alignment", *Journal of Marketing*, Vol. 51, No 3, 1–14.
15. **Chambers, M. R**. (1991). "Planning for technological substitution and change", *International Journal of Production Economics*, Vol. 25, 191-200.
16. **Chang, T.H., and Wang, T.C.** (2009). "Measuring the success possibility of implementing advanced manufacturing technology by utilizing the consistent fuzzy preference relations", *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, 4313–4320.

17. **Chen, L.C., and Lin, L.** (2002). "Optimization of product configuration design using functional requirements and constraints", *Research in engineering design*, Vol. 13, 167-182.
18. **Chuu, S.J.** (2009). "Group decision-making model using fuzzy multiple attributes analysis for the evaluation of advanced manufacturing technology", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol, 160, 586-602.
19. **Coates, J.F.** (1995). "How to recognise a sound technology forecast", *Research Technology Management*, Vol. 38, No 5. 11-12.
20. **Crawford, M., and Benedetto, A.D.** (2008). "New products management", *McGraw-Hill*, Singapore.
21. **Daily, C.A., McDougall, P.P., Covin, J.G., and Dalton, D.R.** (2002). "Governance and strategic leadership in entrepreneurial firms", *Journal of Management*, Vol. 28, No 3, 387–412.
22. **Da Silveria, G**. (2005). "Market priorities, manufacturing configuration, and business performance: An empirical analysis of the order-winners framework", *Journal of Operation Management*, Vol. 23, 662-675.
23. **DeRuntz, B., and Turner, R.** (2003). "Organizational considerations for advanced manufacturing technologies", *The Journal of Technology Studies*, Vol. 29, No 3.
24. **Falkner, H.C., and Benhajila, S.** (1990). "Multi-attribute decision models in the justification of CIM systems", *The Engineering. Economist*, Vol. 35, No 2, 91-114.
25. **Forman, E.H and Gass, S.I.** (2001). "The analytic hierarchy process-an exposition", *Operations Research*, Vol. 49, No 4, 469-486.
26. **Gagnon, R.J., and Haldar, S.** (1997). "Assessing advanced engineering technologies", *International Journal of Technology Management*, Vol. 14, No 2/3/4, 439-469.
27. **Galotti, K.M.** (2002). "Making decisions that matter", *Lawrence Erlbaum Associates*, New Jersey.
28. **Green, G.** (2000). "Towards integrated evaluation: validation of models", *Journal of engineering design*, Vol. 11(2), 121-132.
29. **Hellstrom, T.** (2003). "Systemic innovation and risk: technology assessment and the challenge of responsible innovation", *Technologic Science*, Vol. 25, 369–384.
30. **Henrikson, A.D.P**. (1997). "A technology assessment primer for management of technology", *International Journal of Technology Management*, Vol. 13, No 5/6, 615-638.
31. **Henrikson, A.D.P., and Booth, S.R.** (1995). "Evaluating the cost-effectiveness of new environmental technologies", *Remediation*, Vol. 5, No 1, 7-24.
32. **Hilbrink, J.O**. (1989). "Economic impact and technical change", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 36, No 1, 37-46.
33. **Hilier, F.S., and Liberman, G.J**. (2007). "Introduction to operations research", *McGraw-Hill*, Singapore.
34. **Hofmann, C., and Orr, S.** (2005). "Advanced manufacturing technology adoption-the German experience", *Technovation*, Vol. 25, 711–724.
35. **Humphreys, K.K.** (1983). "Jelen's cost and optimisation engineering (3rd edition)", *McGraw-Hill*, New York.
36. **Hsuan, M.J.** (2001). "Portfolio management of R&D projects: implications for innovation management", *Technovation*, Vol. 21, No 7, 423–435.

37. **Jo, H., and Lee, J.** (1996). "The relationship between an entrepreneur's background and performance in a new venture', *Technovation*, Vol. 16, No 4, 161–171.
38. **Khatami Firouzabadi, S.M.A., and Henson, B.W.** (2004), "An aggregation method for multiple stakeholders' in design selection decisions", *Proceedings of the second international conference on manufacturing research*, Sheffield.
39. **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*, Vol. 58 (4), 851-865.
40. **Kim, S.H., Crick, T., and Kim, S.H**. (1986). "Do executives practice what academics preach?" *Management Accounting*, Vol. 67, 49-52.
41. **Klepper, S., and Simons, K.L.** (2000). "The making of an oligopoly: firm survival and technological change in the evolution of the US tire industry", *Journal of Political Economy*, Vol. 108, No 4, 728–760.
42. **Kolli, S., and Parsaei, H.R**. (1992). "Multi-criteria analysis in the evaluation of advanced manufacturing technology using PROMETHEE", *Journal of Computers and Industrial Engineering.*, Vol. 23, No 1-4, 455-458.
43. **Krinsky, I., and Miltenburg, J**. (1991). "Alternate method for the justification of advanced manufacturing technologies", *International Journal of Production Research*, Vol. 29, 997-1015.
44. **Linstone, H.A., and Turoff, M.** (1975). "The Delphi multiple objectives: preferences and value tradeoffs", *John Wiley & Sons*, New York.
45. **Lovatt, A.M., and Shercliff, H.R.** (1998). "Manufacturing process selection in engineering design, Part 2: an approach for creating task-based process selection procedures", *Journal of material and design*, 19, 217-230.
46. **Martino, J.P**. (1993). "Technological forecasting for decision-making (3rd edition)", *McGraw-Hill*, New York.
47. **McGrath, R.G., and MacMillan, I.C.** (2000). "Assessing technology projects using real options reasoning", *Technological Management*, 35-49.
48. **Meredith, J.R., and Suresh, N.C.** (1986). "Justification techniques for advanced manufacturing technologies", *International Journal of Production Research*, Vol. 24, No 5, 1043-1057.
49. **Meyer, W.** (1992). "Value analysis for AI applications in CIM environments", *IEEE International Workshop on Emerging Technologies and Factory Automation*, 469-475.
50. **Nagalingam, S.V., and Lin, G.C.I.** (1997). "A unified approach towards CIM justification", *Computer Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 10, No 2, 133-145.
51. **Nelson, C.A.** (1986). "A scoring model for flexible manufacturing systems project selection", *European Journal of Operational Research*, Vol. 24, 346-359.
52. **Noble, J.L**. (1990). "A new approach for justifying computer-integrated manufacturing", *Journal of Cost Management for the manufacturing Industry*, Vol. 3, No 4, 14-19.
53. **Noori, H.** (1995)."The design of an integrated group decision support system for technology assessment", *R&D Management*, Vol. 25, 309-322.

54. **Ordoobadi, S.M, and Mulvaney, N.J.** (2001). "Development of a justification tool for advanced manufacturing technologies-value analysis", Journal of Engineering Tchnology Management, Vol. 18, 157–184.
55. **Olson, D.** (1995). "Decision aids for selection problems", *Springer-Verlag Book Company*, New York.
56. **Percival, J.C., and Cozzarin, B.P.** (2010). "Complementarities in the implementation of advanced manufacturing technologes", *Journal of High Technology Management Research*, Vol. 21, (2010), 122-135.
57. **Perry, S.C.** (2001). "The relationship between written business plans and the failure of small businesses in the US", *Journal of Small Business Management*, Vol. 39, No 3, 201–208.
58. **Petty, J.W., and Bowlin, O.D.** (1976). "The financial manager and quantitative decision models", *Financial Management*, Vol. 4, No 4, 32-41.
59. **Pike, R., Sharp, J., and Price, D.** "AMT investment in the larger UK firm", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 9, No 2, (1989), 149-161.
60. **Prabhu, T.R., and Vizayakumar, K.** (2001). "Technology choice using FHDM - a case of iron-making technology", *IEEE Transactions and Engineering Management*, Vol. 48, No. 2, 209–222.
61. **Prasad, A.V.S., and Somasekhara, N.** (1990). "The analytic hierarchy process for choice of technologies", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 38, 151-158.
62. **Ramasesh, R.V., and Jayakumar, M.D.** (1993). "Economic justification of advanced manufacturing technology", *OMEGA, International Journal of Management Science*, Vol. 21, No 3, 289-306.
63. **Rappa, M.A.** (1994). "Assessing the rate of technological progress using hazard rate models of R & D communities", *R & D Management*, Vol. 24, No 2, 183-194.
64. **Rardin, R.L.** (1998). "Optimisation in operations research", *Prentice-Hall International*, UK.
65. **Read, M. J., and Gear, A.E.** (1994). "Teamworking to develop technology strategy", *International Journal of Technology Management*, Vol. 9, No 2, 242-251.
66. **Rias, J., and Van, W.** (2010). "Technology assessment for portfolio managers", *Journal of technovation* Vo. 30, No 4, 223-228.
67. **Rosenkranz, S.** (2003). "Simultaneous choice of process and product innovation when consumers have a preference for product variety", *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol. 50, No 2, 183–201.
68. **Schniederjans, M.J and Garvin, T.** (1997). "Using the analytic hierarchy process and multi-objective programming for the selection of cost drivers in activity-based costing", *European Journal of Operation Research*, Vol. 100, 72-80.
69. **Schniederjans, M.J., and Wilson, R.L., (**1991). "Using the analytic hierarchy process and goal programming for information system project selection". *Information and Management*, 20, 333-342.
70. **Shepherd, D.A., Douglas, E.J., and Shanley, M.** (2000). "New venture survival", *Business Venturing*, Vol. 15, No 5, 393–410.

71. **Sohn, S.Y., and Ahn, B.J.** (2003). "Multi-generation diffusion model for economic assessment of new technology", *Forecasting of Social Change*, Vol. 70, 251–264.
72. **Swink, M., and Nair, A.** (2007). "Capturing the competitive advantages of advanced manufacturing technologies: Design-manufacturing integration as a complementary set", *Journal of Operations Management*, Vol. 25, No 3, 736-754.
73. **Theodorou, P., and Florou, G.** (2008). "Manufacturing strategies and financial performance-The effect of advanced information technology: CAD / CAM systems", *OMEGA*, Vol. 36, 107-121.
74. **Tichy, G.** "The over-optimism among experts in assessment and foresight", *Forecast. Soc. Change*, Vol. 71, (2004), 341–363.
75. **Tran T.A., and Diam. T.** (2008). "A taxonomic review of methods and tools applied in technology assessment", *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 75, 1396–405.
76. **Ulvila, J.W.** (1987). "Postal automation (ZIP + 4) technology: a decision analysis", *Interfaces*, Vol. 17, No 2, 1-12.
77. **von Winterfeldt, D., and Edwards, W.,** (1986). "Decision analysis and behavioral research", *Cambridge University Press*, Cambridge.
78. **Wilhite, A., and Lord, R.** (2006). "Estimating the risk of technology development", *Engineering Management Journal*, Vol. 18, No 3, 3–10.
79. **Zaidman, B. and Cevidalli, G.** (1987). "Project evaluation: externalities must not be disregarded", *R & D Management*. Vol. 17, No 4, 269-276.
80. **Zhou, H., Leong, G.K., Jonsson, P., and Sum, C.C.** (2009). "A comparative of advanced manufacturing technology and manufacturing infrastructure investments in Singapore and Sweden", *International Journal of Production Economics*, Vol. 120, 42-53.