

# تحلیل سلسله مراتبی در تولید انعطاف پذیر

## چکیده

هدف این مقاله، ارائه یک مدل تصمیم‌گیری به‌منظور راهنمایی مدیران در ارزیابی تکنولوژی‌های تولید پیشرفته و تبیین یک دیدگاه مناسب در استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی، به‌عنوان یک متدولوژی تصمیم‌گیری چند معیاره در ارزیابی سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر است. این تکنیک فرض می‌نماید که معیارها و گزینه‌ها استقلال خطی دارند بنابراین هنگامی که وابستگی و تعاملات میان معیارها در مدل تصمیم‌گیری وجود دارد، فرایند تحلیل شبکه‌ای متدولوژی مناسب‌تری است. در این مطالعه تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی *analytical hierarchy process*، به‌منظور راهنمایی مدیریت کارخانه تولیدکننده تراکتور، جهت تصمیم‌گیری برای اجرا با عدم اجرای سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهمترین عوامل، اهمیت نسبی و تاثیرشان بر هدف مدل تصمیم‌گیری، شناسایی می‌شوند. همچنین تحلیل حساسیت، به‌منظور بررسی واقع‌گرایانه بودن نتایج نهایی انجام می‌شود. باانجام تحلیل حساسیت، مشخص شد که در تمامی شرایط، زمانی که وزن معیارهای اساسی اثرگذار بر تصمیم، پنج درصد افزایش یا کاهش می‌یابند، ستاده‌های نهایی مدل بدون تغییر باقی می‌مانند. تحلیل حساسیت انجام شده در این مطالعه برای تصمیم‌گیری‌های کاربردی بسیار ارزشمند است.

مترجم: کیوان دادرس

منبع: journal of manufacturing technology management 2005

## مقدمه

سیستم تولید انعطاف‌پذیر، طی چند دهه اخیر، توجه قابل ملاحظه‌ای را، به خود اختصاص داده است. از این رو تعداد زیادی از مطالب منتشر شده، پیرامون این موضوع است. این نوشته‌ها، بیان می‌دارند که سیستم تولید انعطاف‌پذیر، یک سیستم تولیدی تمام خودکار شامل ماشین‌های حمل و نقل خودکار و نگهداری مواد است که تحت یک سیستم کنترل کامپیوتری جامع، با یکدیگر کار می‌کنند. اینمن در ۱۹۹۱، اوانس و هادوک در ۱۹۹۲ درچندین مطالعه، به بررسی مزیت‌های اجرای این سیستم‌ها پرداختند. نتیجه مشترک تمامی این مطالعات این است که اجرای موفقیت‌آمیز سیستم تولید انعطاف‌پذیر مزیت‌های متعددی مانند کاهش هزینه‌های نیروی کار، افزایش انعطاف‌پذیری و تنوع محصول، بهبود بهره‌وری، بهبود پاسخگویی و افزایش راندمان ماشین‌آلات را به‌مراه خواهد داشت. شرکت‌های زیادی این سیستم‌ها را مستقر و چنین مزیت‌هایی را کسب کرده‌اند. هرچند، بسیاری دیگر از آنها شکست

انعطاف‌پذیر با تحلیل حساسیت نتایج، ارائه می‌شود. مقصود این مقاله این است که آیا شرکت تولیدکننده تراکتور باید سیستم تولید انعطاف‌پذیر، را در تمام کارخانه با استفاده از نتایج تکنیک فرایند سلسله مراتبی در تصمیم‌گیری، اجرا نماید یا نه؟ این مقاله در شش بخش ارائه می‌شود: بخش اول و دوم: تحقیق در کارخانه انجام شد و سپس متغیرهای اثرگذار بر تصمیم‌شناسایی شدند. بخش سوم: معرفی تکنیک فرایند سلسله مراتبی و کاربرد آن در کارخانه ارائه می‌گردد. از سوی دیگر در بخش چهارم و پنجم: تحلیل حساسیت و کاربرد آن برای سنجش قابلیت اطمینان نتایج حاصل از تکنیک فرایند سلسله مراتبی ارائه می‌شود و نهایتاً نتیجه نهایی از تحلیل حساسیت و قلمرو آتی جهت تحقیق بیشتر ارائه می‌شود.

## متدولوژی تحقیق

کارخانه تی تی ام (TTM) در سال ۱۹۸۴ به‌عنوان تولیدکننده تراکتور در آنکارا، تاسیس شد. شرکت در ۶ سال گذشته، حدود صد

خورده اند زیرا اجرای موفقیت‌آمیز آن، نیازمند عملیات موثر است. سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر فوق‌العاده سرمایه‌بر هستند و استقرار آن ممکن است چندین سال به‌طول انجامد. بعضی از مطالعات، مسائل مطرح در اجرا و استقرار موفقیت‌آمیز سیستم تولید انعطاف‌پذیر را بررسی نموده‌اند. براساس این مطالعات، تعهد مدیریت، مشارکت کارکنان، تغییرات تکنولوژی و الزامات سازمانی از مسائل حیاتی در اجرای موفقیت‌آمیز سیستم تولید انعطاف‌پذیر می‌باشند. تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی، یکی از روش‌های مورد استفاده در تعیین اهمیت نسبی مجموعه‌ای از معیارها یا گزینه‌ها است و به‌منظور حل مسائل پیچیده چند معیاری طراحی می‌شود.

پیش از این، این تکنیک در ارزیابی تکنولوژی‌های پیشرفته توسط سونی یوشی در ۱۹۹۵، سان و تابو کتون در ۱۹۹۴ مورد استفاده قرار گرفته است.

در این مطالعه، کاربرد کاملاً جامع از تکنیک فرایند سلسله مراتبی، در یک مورد واقعی برای ارزیابی سیستم تولید

میلیون دلار در دستیابی به تکنولوژی‌های روز مانند کنترل عددی کامپیوتری، طراحی به کمک کامپیوتر و سیستم های تولید انعطاف پذیر سرمایه گذاری نموده است. تی تی ام، جزء معدود شرکتهایی در ترکیه است، که اخیراً سیستم تولید انعطاف پذیر را به طور بخشی اجرا می کند. اکنون، تی تی ام اجرای این سیستم را در کل کارخانه مدنظر قرار داده است. گرچه با اجرای سیستم تولید انعطاف پذیر به طور بخشی در شرکت، مزایای متعددی مانند کاهش زمان راه اندازی، افزایش رضایتمندی مشتری، افزایش انعطاف پذیری و ... حاصل شد اما، در مدت اجرای آن مشکلات عدیده‌ای نیز وجود داشت. بنابراین مدیریت تی تی ام می‌خواست، بداند که آیا آنها باید سیستم تولید انعطاف پذیر را در کل کارخانه اجرا کنند یا نه؟ تکنیک فرایند سلسله مراتبی را به منظور ارائه یک روش سیستماتیک برای حل مساله پیشنهاد شد با مدیران شرکت جهت انتخاب بهترین گزینه، چندین ساعت ملاقات شد. تیمی از تصمیم گیرندگان شرکت شامل، مدیر کنترل کیفیت، مدیر تولید، مدیر عملیات، مدیر خرید، مدیر فروش و مدیر کارخانه تشکیل شد. در ابتدا، متدولوژی تکنیک فرایند سلسله مراتبی برای تیم تصمیم‌گیری به وضوح تشریح شد در حالی که، تیم تصمیم‌گیری با این تکنیک آشنا نبود.

سپس مدل فرمولی و معیارها تعیین شدند. ابتدا ۳۹ معیار شناسائی شد. هرچند،

بعد از ارزیابی های بیشتر تیم تصمیم‌گیری، تعداد معیارها به ۲۸ معیار کاهش یافت و تعدادی از آنها حذف شدند. همچنین دو گزینه شناسایی شدند:

۱) اجرای سیستم تولید انعطاف پذیر (۲) عدم اجرای سیستم تولید انعطاف پذیر  
بعد از تعیین معیارها، مقایسه‌های زوجی میان تمامی ترکیبات معیارها، معیارهای فرعی و آلترناتیوها، توسط تیم تصمیم‌گیری انجام شد. چون مدل تصمیم، اجرای سیستم تولید انعطاف پذیر در کل کارخانه را مدنظر قرار می دهد، معیارها براساس تجربه تصمیم گیرندگان در اجرای سیستم تولید انعطاف پذیر به طور بخشی تعیین شدند. از این رو معیارهای ارائه شده در جدول ۱ برای ارزیابی تصمیم، شناسایی و استفاده شدند.

#### فرایند تحلیل سلسله مراتبی

تکنیک فرایند سلسله مراتبی بر اساس توانایی ذاتی انسان، در برآورد های ذهنی مسائل خرد، بنا شده است. این تکنیک، تصمیم‌گیری را از طریق سازماندهی احساسات، ادراکات، برآوردها، قضاوتها تسهیل می نماید و نیروهای اثرگذار بر تصمیم را شناسائی می کند. معمولاً مدل فرایند سلسله مراتبی، با استفاده از نرم افزار اکسپرت چویس (EXPERT CHOICE) اجرا می‌شود. این نرم افزار در تصمیمات و پروژه‌های برنامه‌ریزی در بیش از بیست کشور بکار گرفته شده است.

#### مراحل سه گانه تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی

متدولوژی این تکنیک، در کتاب توماس. ال ساعتی (Tomas. Al saaty) به طور کامل تشریح شده است. (محققان برای مطالعه بیشتر در مورد این تکنیک می توانند به کتاب؛ تصمیم سازی برای مدیران؛ ترجمه: دکتر توفیق، انتشارات، سازمان مدیریت صنعتی. سال ۱۳۷۸ مراجعه نمایند.)

#### سازمان دهی سلسله مراتب

اجزای مرتبط با هم را گروه بندی، نمایند و آنها را در یک نظام سلسله مراتبی طوری تنظیم کنید، که وابستگی اجزا یا گروه ها را منعکس نماید. روش فرایند سلسله مراتبی شامل سازمان دهی مسئله در یک نظام سلسله مراتبی به منظور دستیابی به اهداف بیان شده در مساله است.

#### انجام مقایسه‌های زوجی میان عناصر و گزینه های تصمیم

ماتریس مقایسه‌های زوجی را برای هر عنصر تشکیل دهید، ورودی های ماتریس، اهمیت یک عنصر را نسبت به عنصر دیگر نشان می دهد. عناصر، در هر سطح سلسله مراتب با در نظر گرفتن عنصر سطح بالاتر، با استفاده از مقیاس ارجحیت، ارزش گذاری شوند. این ارزشها را به منظور تعیین اولویت بندی عناصر نسبت به یکدیگر در هر سطح سلسله مراتب استفاده نمایید.

#### معیارها

معیارها			
تاخیرات در کل فرایند تولید	قدرت رقابتی بلندمدت	هزینه نیروی کار	بهبود کیفیت
هزینه های اولیه بالا	تعهد مدیریت عالی	تعداد اپراتورها	تحویل سریعتر
نیاز به توسعه مدل‌های خاص	آموزش کارکنان	تعداد عملیات	تنوع محصول
الزامات فضا (مکان)	شرایط متغیر	ابزار آلات ماشین ها	رضایتمندی مشتری
زمان اجرا طولانی	مشارکت کارکنان	بهره وری	زمان راه اندازی
الزامات نیروی کار	اطمینان پذیری تحویل	کارایی ماشین ها	نرخ از کارافتادگی
کنترل کامپیوتری مرکزی	قابلیت دسترسی به مواد	سودآوری	زمان تولید

جدول ۱- معیارهای تصمیم

در سطح چهارم نیاز داشتند. مزیت مشتری به چهار معیار فرعی تقسیم شد:

- ۱- بهبود کیفیت ۲- تحویل سریع تر
- ۳- تنوع محصول ۴- رضایتمندی
- مزیت شرکت نیز به ، نه معیار فرعی تقسیم شد:

- ۱- زمان راه اندازی ۲- نرخ از کار افتادگی ۳- زمان تولید ۴- هزینه نیروی کار ۵- تعداد اپراتورها ۶- تعداد عملیات ۷- ابزار آلات ماشین ۸- بهره وری ۹- کارایی ماشین

همچنین ، سود آوری و قدرت رقابتی بلندمدت را در زیر معیار فرصت ها در سومین سطح سلسله مراتب قرار دادیم. هفت معیار فرعی برای ریسک ها ، در سومین سطح در نظر گرفته شدند . اینها شامل :

- ۱- تعهد مدیریت عالی ۲- آموزش کارکنان ۳- شرایط بی ثبات ۴- مشارکت کارکنان ۵- اطمینان پذیری تحویل ۶- در دسترس بودن مواد ۷- تاخیرات در کل فرایند تولید

تیم تصمیم گیری، معیار معایب را به شش معیار فرعی تقسیم نمودند :

- ۱- هزینه اولیه زیاد ۲- لزوم توسعه مدل های خاص شرکت ۳- الزامات مکان (فضا) ۴- طولانی بودن مدت اجرا ۵- الزامات نیروی کار ۶- کنترل کامپیوتر مرکزی.

تیم تصمیم گیری دو گزینه مورد نظر (اجرای سیستم تولید انعطاف پذیر و عدم اجرای آن ) را در پائین ترین سطح سلسله مراتب در سطح پنجم قرار دادند. شکل ۱ سلسله مراتب مدل تصمیم گیری سیستم تولیدی را نشان می دهد.

#### انجام مقایسه های زوجی

مقایسه های زوجی به طور سیستماتیک برای تمامی ترکیبات معیارها، معیار های فرعی، سومین معیار های فرعی و گزینه ها انجام شد. تیم تصمیم گیری معیارها و معیار های فرعی را براساس عنصر سطح بالاتر (مادر) با یکدیگر مقایسه کرد. ابتدا قضاوتها را برای چهار معیار اصلی در سطح دوم ثبت می شود. در طول تحقیق، این

اولویت اجرای سیستم تولید انعطاف پذیر در مقابل عدم اجرای آن در تی تی ام ، به طور خلاصه بیان می شود. گام اول در استفاده کردن از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای مدل سازی یک مساله تصمیم، ساختن سلسله مراتب است. هدف مدل ما این بود که آیا تی تی ام باید سیستم تولید انعطاف پذیر را در کل کارخانه اجرا کند ؟ ما این هدف را در بالاترین سطح سلسله مراتب قرار دادیم. نمودار سلسله مراتب با قراردادن معیارهای عمومی ( اساسی) در سطح دوم، معیارهای فرعی در سطح سوم، سومین معیار های فرعی در سطح چهارم و گزینه ها در پائین ترین سطح یعنی سطح پنجم ترسیم شد. در ادامه تقسیم بندی سلسله مراتب به تفکیک ارائه می شود:

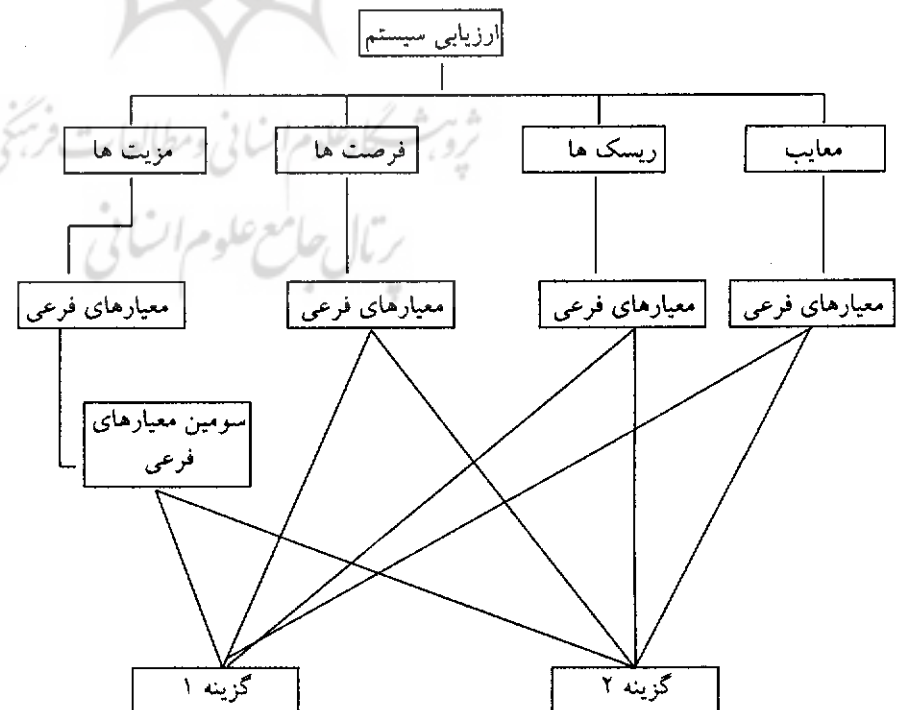
- سطح دوم شامل چهار معیار عمده بود:
- ۱- مزیتها ۲- فرصتها ۳- ریسکها ۴- معایب
- مزیت مشتری و مزیت شرکت را در سطح سوم زیر معیار مزیتها قرار دادیم. هر کدام از آنها، به تقسیم بندی های بیشتر

مقیاس استفاده شده برای مقایسه های زوجی در این تکنیک ، تصمیم گیرنده را قادر می سازد که تجربه و دانش را ادغام کند و برتری های یک عنصر را بر عنصر دیگر بر اساس معیار نشان دهد. تصمیم گیرنده می تواند ترجیحاتش را میان هر زوج عنصر به طور کلامی مثل اهمیت برابر یا عدم ترجیح، نسبتا مهمتر، مهمتر، خیلی مهمتر و بی نهایت مهمتر بیان دارد. سپس این ترجیحات توصیفی به ارزشهای عددی بترتیب ۱، ۳، ۵، ۷، ۹ تبدیل خواهند شد. اعداد ۲، ۴، ۶، ۸ به عنوان ارزشهای واسطه های میان ترجیحات فوق خواهند بود.

#### ترکیب نتایج

به منظور تعیین اولویت کلی هر گزینه، این اولویتها را ترکیب و گزینه با اولویت برتر را انتخاب کنید.

کاربرد تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی در تی تی ام در این بخش ، استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی به منظور ارزیابی



شکل ۱- سلسله مراتب برای انتخاب بهترین سیستم تولیدی

معیار معایب از ۰,۲۴۸ به ۰,۴۶۱ افزایش داده شد، گزینه ۲ بهترین انتخاب شد. همین طور با افزایش اهمیت نسبی معیار ریسک ها به ۰,۴۳۸، عینا گزینه ۲، بهترین انتخاب شد. در چهارمین سناریو فقط هنگامی گزینه ۲ بهترین انتخاب شد که اهمیت معیار فرصتها از ۰,۲۰۷ به ۰,۵۶۷ افزایش یافت.

تحلیل حساسیت نشان می دهد، زمانی که اهمیت معیارهای اصلی پنج درصد افزایش و کاهش می یابند در تمامی ترکیبات ممکن، رتبه بندی گزینه ها بدون تغییر باقی می ماند. در این شرایط تی تی ام باید اجرای سیستم تولید انعطاف پذیر را به عنوان بهترین گزینه انتخاب نماید.

#### نتیجه

در حالی که سیستم های تولید انعطاف پذیر به شدت سرمایه بر و استقرار آنها چندین سال به طول می انجامد، شرکت های معدودی در ترکیه برای استقرار آن تلاش نموده اند. تی تی ام یکی از معدود شرکت هایی است که موفق به اجرای این سیستم به طور بخشی شده است. در این مطالعه، تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی را به منظور راهنمایی و کمک به مدیریت شرکت که قصد داشتند در مورد اجرای سیستم های تولید انعطاف پذیر در کل کارخانه تصمیم بگیرند، پیشنهاد شد. مهمترین عوامل شناسایی و اثر آنها را بر هدف مدل تصمیم گیری تعیین شد. سرمایه گذاری در سیستم های تولید انعطاف پذیر، یک تصمیم پیچیده است که معیارهای متعددی در آن سهم هستند. با کمک تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی می سازد، ۲۸ معیار کمی و کیفی را در ارزیابی سیستم تولید انعطاف پذیر، یکپارچه شد. در نهایت نتیجه آن شد که اجرای سیستم های تولید انعطاف پذیر، بهترین گزینه با وزن ۰,۵۴۶ است. همان طور که انتظار می رفت این گزینه به طور قاطعانه بهترین تصمیم نشد. دلیل این امر آن است که، با وجود اینکه مزیتها و فرصتهای بیشماری از اجرای سیستم تولید انعطاف پذیر حاصل می شود، در اینجا ریسک ها و معایب متعددی نیز وجود دارد. □

(شکل ۳).

#### ترکیب نتایج

پس از تعیین اولویتهای ناحیه ای برای معیارها و گزینه ها از طریق مقایسات زوجی، اولویت نهایی گزینه ها همانطور که در شکل ۴ نشان داده می شود، محاسبه شد. گزینه ۱ با ارجحیت ۵۴/۶ درصد برترین رتبه را به خود اختصاص داد که نشان می دهد شرکت باید سیستم تولید انعطاف پذیر را در کل کارخانه اجرا نماید.

#### تجزیه و تحلیل حساسیت

مجموعه تحلیلهای حساسیت به منظور بررسی اثر تغییرات در وزن معیارها (ارجحیت) بر رتبه بندی گزینه ها انجام شد. جهت بررسی چگونگی واقع گرایانه بودن نتایج نهایی، این تحلیل توسط نرم افزار اکسپرت چویس صورت پذیرفت. با بررسی اثر تغییر اهمیت (وزن) چهار معیار اصلی را بر نتایج نهایی مشخص شد که رتبه بندی گزینه ها به تغییرات در اهمیت معیار مزیتها حساس نیستند. در حالی که نسبت به تغییرات در معیار ریسک ها و معایب کاملاً حساس و نسبت به تغییرات در معیار فرصتها کمی حساس هستند. با افزایش اهمیت معیار مزیتها به ۰,۶۲۳، رتبه بندی نهایی گزینه ها بدون تغییر باقی ماند. هنگامی که اهمیت

نکته به دست آمد که معیار مزیتها، مهم ترین عامل در اجرای سیستم تولید انعطاف پذیر با اولویت ۰,۳۲۸ و معیار معایب، عامل مهم دیگر با اولویت ۰,۲۴۸ است. شکل ۲ ماتریس مقایسه های زوجی را برای معیارهای اصلی در سطح دوم سلسله مراتب را نشان می دهد.

بعد از انجام مقایسه های زوجی، تیم ارزیابی، معیارهای اصلی، معیارهای فرعی را و سومین معیارهای فرعی ارزیابی کردند. به عنوان مثال: بر اساس معیار مزیت مشتری، رضایتمندی مشتری بالاترین اولویت با وزن ۴۳/۶ و بعد از آن بهبود کیفیت با وزن ۲۴/۷، تنوع محصول ۱۵/۹ و تحویل سریع وزن ۱۵/۹ را کسب نمودند.

در نهایت هر دو گزینه با در نظر گرفتن هر معیار مقایسه شد. در مقایسه دو گزینه، از تیم تصمیم گیری خواسته شد تا با در نظر گرفتن معیارهای اصلی در سطح دوم، معیارهای فرعی در سطح سوم و سومین معیارهای فرعی در سطح چهارم، اهمیت و ارجحیت آنها را تعیین نمایند. برای مثال، تیم ارزیابی ماتریس مقایسات زوجی را برای معیار فرعی قدرت رقابتی (که در زیر فرصتها قرار دارد)، تهیه کردند که در آن گزینه ۱ (اجرای سیستم تولید انعطاف پذیر) به گزینه ۲ (عدم اجرای سیستم تولید انعطاف پذیر) ترجیح داده می شود

مزیتها	۰,۳۲۸	
معایب	۰,۲۴۸	
فرصتها	۰,۲۰۷	
ریسک ها	۰,۲۱۷	

شکل ۲- وزن (ارجحیت) معیارهای اصلی

گزینه ۱	۰,۸۹۰	
گزینه ۲	۰,۱۱۰	

شکل ۳- مقایسه گزینه ها بر اساس قدرت رقابتی

گزینه ۱	۰,۵۴۶	
گزینه ۲	۰,۴۵۴	

شکل ۴- نتیجه نهایی مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی