نشـــریه بین المللـــی مهنـدسی صنـایع و مدیـــریت تولیـد زمستـــان ۱۳۸۹- صفحه ۱۵۱-۱۴۲

شمـــاره ۴، جلـــد ۲۱، زمستـــان ۱۳۸۹

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنایـــع و مدیـــریت تولیـــد

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران

IJIE

ISSN: 2008-4870

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

تعیین استراتژی بهینه تولید با استفاده از مدلسازی ساختاری تشریحی اصلاح شده و مدل برنامه‌ریزی خطی

مهدی عباسی، محسن اکبرپور شیرازی* و میربهادرقلی آریانژاد

کلمات کلیدی

مدلسازی ساختاری تشریحی اصلاح شده،
برنامه ریزی خطی،
استراتژی تولید،
قابلیت‌های تولید،
اولویت‌های رقابتی

چکیده:

مدلسازی ساختاری تشریحی، روشی برای ساخت و درک ارتباط‌های مابین عناصر یک سیستم پیچیده بر مبنای نظرات افراد خبره است. در این مقاله، مدلسازی ساختاری تشریحی اصلاح شده، با توانایی در نظر گرفتن نرخ ناسازگاری گروه خبرگان و ارایه سلسله مراتب فاقد دور از عناصر موضوع ارایه شده است. گروه خبرگان دارای اشتراک نظر در اهداف و توافق جمعی در تصمیمات مرتبط با تعیین استرتژی تولید هستند. استراتژی تولید وابسته به تصمیم‌های متوالی بهبود قابلیت‌های رقابتی تولید طی مراحل مختلف به‌منظور کسب مزیت رقابتی در بازار است. بر این مبنا در مقاله حاضر الگوریتم تعیین استراتژی بهینه تولید با استفاده از مدلسازی ساختاری تشریحی اصلاح شده و مدل برنامه‌ریزی خطی ارایه شده است. در این رابطه ابتدا شبکه فاقد دور قابلیت‌های رقابتی تولید قابل بهبود طی مصاحبه با خبرگان به کمک روش مدلسازی ساختاری تشریحی اصلاح شده استخراج گردیده، سپس طی مصاحبه با خبرگان و اضافه کردن کمان‌های مجازی به شبکه، گزینه‌های مختلف استراتژی تولید حاصل شده است. گزینه‌های برنامه زمانی با تشکیل و حل مدل‌های برنامه‌ریزی خطی متناظر با هر شبکه استخراج می‌شود. الگوریتم پیشنهادی با بررسی مورد تأیید بودن نتایج و وجود حداقل یک برنامه زمانی مقبول در خروجی‌ها متوقف می‌شود. در پایان الگوریتم برای یک مطالعه موردی پیاده‌سازی شده است.

۱. مقدمه

۱-۱. مدلسازی ساختاری تشریحی (ISM)

عوامل مؤثر بر یک معلول که از مراحل "آفریدن ایده‌ها" و "استخراج ایده‌ها" نتیجه‌گیری می‌شوند باید با یک ساختار صحیح و مناسب از ارتباطات مستقیم و غیرمستقیم عوامل سازماندهی شوند. فرآیند ساختاردهی سیستماتیک موجب دسترسی به یک مدل منسجم و سلسله‌مراتبی از روابط بین عوامل خواهد شد. تکنیک‌های ISM[2]، DEMATEL[3]، راهکار جایگزین AHP، Cognitive-Map و استفاده از متاگراف – هیپرگراف می‌توانند در ساختاردهی به‌کار گرفته شوند. از تکنیک ISM برای ساختاردهی به عناصر مؤثر در حل یک مشکل یا بهبود سیستم، از DEMATEL برای بررسی مسائل بسیار پیچیده جهانی و از Cognitive-Map برای تجزیه و تحلیل مسایلی از قبیل بررسی روابط خارجی کشور و تقاضای انرژی استفاده می‌شود[۱]. از آنجا که شرایط مسأله مورد بررسی با شرایط تکنیک ISM تطابق دارد، از این روش برای ساختاردهی به اطلاعات استفاده شده است.

مدلسازی ساختاری تشریحی (ISM) یک فرآیند یادگیری مبتنی بر کامپیوتر برای ساخت و درک عمیق روابط بین معیارها در

تاریخ وصول: ۸۸/۱۲/۲۴

تاریخ تصویب: ۸۹/۶/۱۷

مهدی عباسی، دانشجوی دکترای مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی ایران واحد علوم و تحقیقات. abbasi_meh@yahoo.com

***نویسنده مسئول مقاله: دکتر محسن اکبرپور شیرازی**، استادیار دانشکده مهندسی صنایع- دانشگاه صنعتی امیرکبیر. akbarpour@aut.ac.ir

دکتر میربهادرقلی آریانژاد، استاد دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران. mirarya@iust.ac.ir

[2] *Interpretive Structural Modeling (ISM)*
[3] *Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL)*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

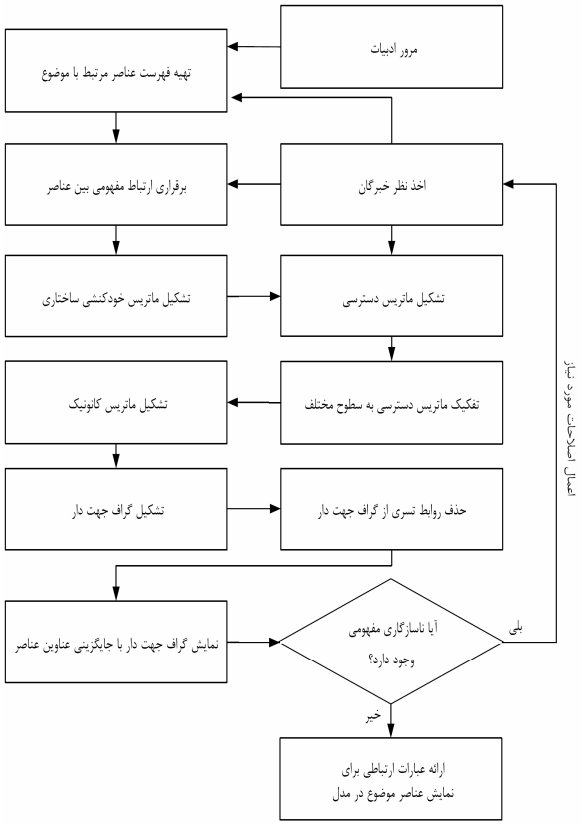
یک موقعیت یا سیستم پیچیده است. تئوری ISM بر مبنای ریاضیات گسسته، تئوری گراف، تصمیم‌گیری گروهی، دانش کامپیوتر و علوم اجتماعی بنا شده است [۵-۲]. مروری بر ادبیات موضوع نشان‌دهنده کاربردهای متنوع ISM می‌باشد [۶]. از جمله موارد کاربرد می‌توان به انتخاب تأمین‌کنندگان لجستیک معکوس [۷]، انتخاب مکان‌های مراکز تولید فن‌آوری مدرن در چین [۸]، ایجاد یک چارچوب تکاملی انتقال فن‌آوری تجهیزات جدید در صنعت فن‌آوری مدرن [۹]، توسعه چارچوب سیستمی حوادث شغلی خطرناک در صنعت ساخت و ساز [۱۰] و توسعه یک مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه [۱۱] اشاره نمود.

الگوریتم استخراج شبکه ارتباطی عناصر مبتنی بر روش ISM در نمودار ۱ آمده است [۷-۶]. در ادامه الگوریتم مزبور تشریح می‌شود. ابتدا با مرور ادبیات و اخذ نظر خبرگان، عناصر مرتبط با موضوع شناسایی، سپس ارتباط مفهومی بین عناصر برقرار می‌گردد. از ماتریس بالا مثلثی خودکنشی ساختاری[1] (SSIM) جهت نمایش ارتباطات زوجی بین عناصر سیستم استفاده می‌شود. برای این منظور گروهی از خبرگان دانشگاه و صنعت به‌منظور تعیین روابط مابین زوج قابلیت‌ها گرد هم می‌آیند. به‌منظور تعیین روابط مابین زوج قابلیت‌های i و j از علائم V (در صورتی که حصول قابلیت i به حصول قابلیت j کمک کند)، A (در صورتی که حصول قابلیت j به حصول قابلیت i کمک کند)، X (در صورتی که حصول یک قابلیت به حصول قابلیت دیگر کمک کند) و O (در صورتی که قابلیت‌های i و j غیر مرتبط باشند) استفاده می‌شود.

سپس ماتریس مجاور[2] تشکیل می‌شود. عناصر این ماتریس صفر یا یک بوده و با توجه به مقادیر متناظر ماتریس SSIM تعیین می‌شوند. با جمع ماتریس همانی و ماتریس مجاور، ماتریس دسترسی[3] اولیه به‌دست می‌آید. با حذف روابط تسری از ماتریس مزبور، ماتریس دسترسی نهایی حاصل می‌شود. جمع سطرهای ماتریس دسترسی نهایی، توان هدایتی[4] و جمع ستونهای آن، توان وابستگی[5] عناصر را نشان می‌دهد.

تفکیک ماتریس دسترسی به سطوح مختلف با تشکیل جداول شامل پنج ستون عناصر، مجموعه متقدم[6]، مجموعه متأخر[7]، مجموعه مشترک[8] و سطوح سیستم انجام می‌شود [۱۰]. مجموعه متقدم با بررسی ستونی اجزاء و مجموعه متأخر با بررسی سطری اجزاء ماتریس دسترسی نهایی و احتساب اجزاء با درایه‌های یک حاصل می‌شود. مجموعه مشترک شامل درایه‌های مشترک مجموعه‌های متقدم و متأخر است. در هر مرحله، به‌کمک جدول متناظر و با بررسی مشابه بودن مجموعه‌های متأخر و مشترک، سطوح سیستم تعیین می‌شوند.

ماتریس کانونیک با دسته‌بندی قابلیت‌ها در سطوح مرتبط با توجه به سطر و ستون‌های ماتریس دسترسی نهایی حاصل می‌گردد [۱۲]. با استفاده از ماتریس کانونیک، گراف جهت‌دار اولیه قابلیت‌ها به‌دست می‌آید. با حذف روابط تسری از گراف مزبور، گراف نهایی حاصل خواهد شد [۱۲]. سپس گراف نهایی با جایگزینی عناوین عناصر نمایش داده خواهد شد.



نمودار ۱. الگوریتم استخراج شبکه ارتباط عناصر طبق رویکرد ISM

از آنالیز MICMAC به‌منظور شناسایی و تجزیه و تحلیل عناصر پیچیده [۱۳] و بررسی استفاده می‌شود عناصر با توجه به توان هدایتی و توان وابستگی [۱۴] استفاده می‌شود. در این تحلیل عناصر ماتریس نهایی دسترسی به چهار گروه عناصر خودمختار[9]، عناصر وابسته[10]، عناصر به‌هم پیوسته[11] و عناصر مستقل[12] (هدایت کننده) دسته‌بندی می‌شوند [۱۵]. سپس دسته بندی عناصر با افراد خبره طرح می‌گردد. در صورتی که دسته‌بندی عناصر مورد تأیید خبرگان نباشد (وجود ناسازگاری مفهومی[13])، قدم‌های قبل تکرار می‌شود.

[1] *Structural Self-Interaction Matrix (SSIM)*
[2] *Adjacency (Relation) matrix*
[3] *Reachability matrix*
[4] *Driving power*
[5] *Dependence power*
[6] *Antecedent set*
[7] *Reachability set*
[8] *Insertation set*
[9] *Autonomous elements*
[10] *Dependent elements*
[11] *Linkage elements*
[12] *Independent elements*
[13] *Conceptual inconsistency*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

۲-۱. استراتژی تولید و تعیین اولویت قابلیت‌های رقابتی

ادبیات مناسبی در زمینه استراتژی تولید وجود دارد [۱۶]. استراتژی تولید منسوب به شایستگی‌های توسعه داده شده مرتبط با عملیات تولیدی شرکت است. از طرف دیگر استراتژی تولید یکی از اجزای استراتژی‌های کسب و کار شرکت یا یکپارچه با این استراتژی‌ها می‌باشد [۱۷].

مفهوم استراتژی تولید با کار اسکینر در سال ۱۹۶۹ مورد توجه محققان قرار گرفت. وی بیان نمود تولید لزوماً نباید مطابق قاعده دقیق توسعه استراتژی شرکت باشد بلکه ابزاری مهم برای دستیابی به اهداف استراتژیک شرکت است [۱۸]. در سال ۱۹۹۸، تعریفی کاربردی از استراتژی تولید به صورت الگوی تصمیمات (ساختاری و فراساختاری) تعیین‌کننده قابلیت سیستم تولیدی و نحوه کار آن به‌منظور دستیابی به مجموعه‌ای از اهداف تولیدی پوشش‌دهنده اهداف کلی کسب و کار ارایه گردید [۱۹].

قابلیت‌های تولید به‌صورت قوت‌های عملکرد کلیدی تولید شامل هزینه، کیفیت، زمان، تحویل، قابلیت اعتماد، سرعت و انعطاف‌پذیری تولید مطرح می‌شوند [۲۳-۲۰]. اولویت‌های رقابتی به‌عنوان مایحتاج انتخاب و نائل شدن به یک یا چند قابلیت تولید کلیدی تعریف شده است. کیفیت، تحویل، هزینه، انعطاف‌پذیری و قابلیت اطمینان برخی از ابعاد اولویت‌های رقابتی می‌باشند [۲۷-۲۴].

بین مفاهیم استراتژی تولید و فرایند فرموله کردن آن تفاوت وجود دارد [۲۹-۲۸، ۱۹]. پان پس از مرور هوشمندانه فرآیندهای مختلف فرموله کردن استراتژی تولید، یک مدل جدید استراتژی تولید ارایه کرد [۳۰]. رویکردی برای کمّی کردن استراتژی تولید مبتنی بر هفت قدم می‌تواند قابلیت‌ها را در راستای تأمین نیازمندی‌های بازار بهبود بخشد [۳۱].

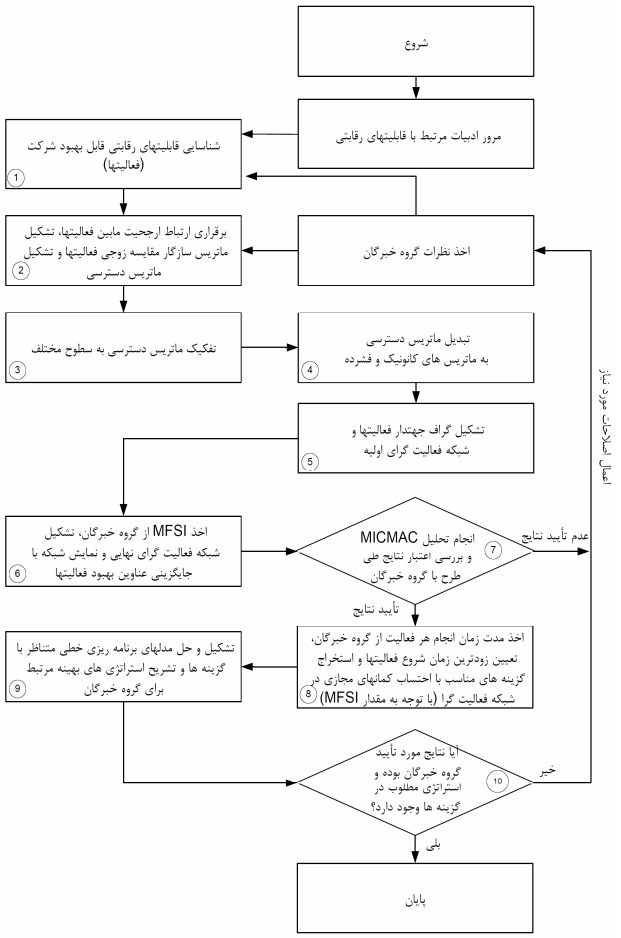
۲. الگوریتم پیشنهاد استراتژی بهینه تولید با استفاده از مدلسازی ساختاری تشریحی اصلاح شده

۲-۱. مفروضات

- تمامی اطلاعات مورد نیاز از گروه خبرگان اخذ می‌شود. این گروه از موقعیت شرکت مورد مطالعه و شرکت‌های رقیب آگاهی کافی داشته و دارای اشتراک نظر در اهداف و توافق جمعی در تصمیمات هستند.
- میزان ارجحیت[1] یک قابلیت نسبت به قابلیت رقابتی قابل بهبود دیگر به‌وسیله شبکه فعالیت‌گرا نمایش داده می‌شود. ارجحیت‌های مزبور در گزینه‌های پیشنهادی استراتژی تولید لحاظ خواهند شد.
- حداکثر تعداد بهبود همزمان قابلیت‌های رقابتی تولید در یک مرحله ($MFSI^2$) در افق برنامه‌ریزی ثابت بوده و به توانایی مدیریتی شرکت بستگی دارد.
- در دوره اجرای گزینه‌های استراتژی تولید پیشنهادی، نرخ تنزیل در افق برنامه‌ریزی ثابت و قابل چشم‌پوشی است.
- حداقل‌سازی زمان، تنها شاخص تعیین استراتژی بهینه است.
- گزینه‌های پیشنهادی استراتژی تولید از نوع برنامه‌ریزی غلطان[3] بوده و می‌توان پس از گذر مدت زمان معین (مثلاً ۱۲-۶ ماه)، برنامه‌ریزی مجدد انجام و اولویت‌ها بازنگری شوند.

۲-۲. الگوریتم پیشنهاد استراتژی بهینه تولید با استفاده از مدلسازی ساختاری تشریحی اصلاح شده

در این بخش الگوریتم پیشنهاد استراتژی بهینه تولید با استفاده از مدلسازی ساختاری تشریحی اصلاح شده ارایه می‌شود. نمودار ۲ قدم‌های اجرایی الگوریتم را نمایش می‌دهد. در ادامه شرح الگوریتم پیشنهادی آورده می‌شود.



نمودار ۲. الگوریتم پیشنهاد استراتژی بهینه تولید با استفاده از مدلسازی ساختاری تشریحی اصلاح شده

[1] *Preference*

[2] *Maximum Feasible Simultaneous Improvement (MFSI)*

[3] *Rolling plan*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

۱) شناسایی قابلیت‌های رقابتی قابل بهبود شرکت (فعالیت‌ها):
قابلیت‌های رقابتی تولید قابل بهبود (n فعالیت) با توجه به شرکت مورد بررسی و بازار مرتبط متفاوت بوده و می‌بایست با توجه به مطالعات انجام شده گذشته و اخذ نظرات گروه خبرگان شناسایی گردند.

۲) برقراری ارتباط ارجحیت مابین فعالیت‌ها، تشکیل ماتریس سازگار مقایسه زوجی فعالیت‌ها و تشکیل ماتریس دسترسی:
برای مقایسه زوجی n فعالیت، از ماتریس مقایسه زوجی فعالیت‌ها استفاده می‌شود. در این رابطه از اعداد ۱ (ترجیح یا اهمیت یکسان)، ۳ (کمی مرجح یا مهم‌تر)، ۵ (ترجیح یا اهمیت قوی)، ۷ (ترجیح یا اهمیت خیلی قوی) و ۹ (کاملاً مرجح یا مهم‌تر) جهت نمایش ترجیحات استفاده می‌شود. ترجیحات مزبور برای خبرگان تشریح شده و ماحصل مقایسه، ماتریس مربع $n\times n$ رجحان نسبی عناصر (A) خواهد بود. شایان ذکر است در ماتریس مقایسه‌ای مزبور، تمامی اصول فرآیند تحلیل سلسله مراتبی شامل معکوس‌پذیری[1]، همگنی[2]، وابستگی[3] و انتظارات[4] برقرار خواهند بود [۳۲]. این کار باعث مستند نمودن بهتر ذهنیت خبرگان می‌شود. پس از تشکیل ماتریس A، بردار وزن (W) ، مقدار $\lambda_{\max}$ و شاخص ناسازگاری[5] ($I.I.$) محاسبه می‌گردد. حال با توجه به شاخص ناسازگاری ماتریس‌های تصادفی[6] ($I.I.R.$)، نرخ سازگاری[7] ($C.R.$) ماتریس تعیین می‌شود. در صورتی‌که نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد، سازگاری قابل قبول است [۳۲]. در غیر اینصورت تجدید نظر در ماتریس مقایسه زوجی قابلیتهای رقابتی تولید توسط گروه خبرگان لازم است.

هنگامی‌که سازگاری قابل قبول حاصل شد، حداقل مقدار قابل قبول به منظور احتساب رابطه معنی‌دار بین فعالیت‌ها از گروه خبرگان اخذ می‌گردد. با احتساب مقدار یک برای درایه‌های بزرگتر یا مساوی مقدار مزبور و مقدار صفر برای سایر درایه‌ها در ماتریس مقایسه زوجی قابلیت‌ها، ماتریس مجاور حاصل می‌گردد. با جمع ماتریس همانی با ماتریس مجاور، ماتریس دسترسی حاصل خواهد شد.

۳) تفکیک ماتریس دسترسی به سطوح مختلف[8]:
تفکیک سطوح با تشکیل جداول شامل پنج ستون فعالیت، مجموعه متقدم، مجموعه متأخر، مجموعه مشترک و توضیحات انجام می‌شود. مجموعه متقدم با بررسی ستونی اجزاء و مجموعه متأخر با بررسی سطری اجزاء ماتریس دسترسی نهایی و احتساب اجزاء با درایه‌های یک تشکیل می‌شود. مجموعه مشترک شامل درایه‌های مشترک مجموعه‌های متقدم و متأخر می‌باشد. در هر مرحله، به کمک جدول متناظر و با بررسی مشابه بودن مجموعه‌های متأخر و مشترک، سطوح سیستم تعیین می‌شود.

۴) تشکیل ماتریس‌های کانونیک و فشرده:
ماتریس کانونیک با دسته‌بندی فعالیت‌ها در سطوح مرتبط با توجه به سطر و ستون‌های ماتریس دسترسی نهایی حاصل می‌گردد. ماتریس مزبور به‌صورت بلوک‌بندی شده منظم بوده و درایه‌های بالای قطر اصلی و با مقدار یک، دورها را نمایش می‌دهند. پس از شناسایی تمامی دورها، چنانچه هر دور با یک جزء نماینده نمایش داده شود، ماتریس کانونیک فاقد دور تشکیل می‌شود [۳۳]. این ماتریس را ماتریس فشرده اولیه می‌نامیم. با حذف روابط تسری از ماتریس فشرده اولیه، ماتریس فشرده نهایی حاصل می‌شود. در صورتی که ماتریس کانونیک خود فاقد دور باشد، ماتریس‌های فشرده و کانونیک یکسان خواهند بود. جمع سطرهای ماتریس فشرده، توان هدایتی و جمع ستونهای آن توان وابستگی قابلیت‌ها را نشان می‌دهد.

۵) تشکیل گراف جهت‌دار قابلیت‌ها و شبکه فعالیت‌گرای اولیه:
با استفاده از ماتریس فشرده، گراف جهت‌دار اولیه قابلیت‌ها به‌دست می‌آید. با حذف روابط تسری، گراف نهایی حاصل خواهد شد. با اضافه نمودن گره‌های شروع و پایان و ترسیم کمان‌هایی از گره شروع به گره‌های فاقد پیش‌نیاز و از گره‌های فاقد پس‌نیاز به گره پایان، شبکه فعالیت‌گرای اولیه حاصل می‌شود.

۶) اخذ MFSI از گروه خبرگان، تشکیل شبکه فعالیت‌گرای نهایی و نمایش شبکه با جایگزینی عناوین فعالیت‌ها:
ابتدا مقدار MFSI از گروه خبرگان اخذ می‌گردد. سپس در شبکه فعالیت‌گرای اولیه، گره‌های متناظر با بیش از MFSI حذف می‌گردد. همچنین گره‌هایی از شبکه که گره‌های حذف شده به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم پیش‌نیاز آن‌ها هستند نیز حذف می‌شود. گره‌های حذف شده قابلیت‌های غیر قابل بهبود را نشان می‌دهند. شبکه حاصل شده، شبکه فعالیت‌گرای نهایی می‌باشد. سپس شبکه فعالیت‌گرای نهایی با جایگزینی عناوین فعالیت‌ها ترسیم می‌گردد.

۷) انجام تحلیل MICMAC و بررسی اعتبار نتایج طی طرح با گروه خبرگان:
فعالیت‌ها با توجه به توان هدایتی و توان وابستگی در نمودار دو بعدی MICMAC ترسیم می‌گردند. فعالیت‌های مزبور با توجه به توان هدایتی و توان وابستگی ماتریس نهایی دسترسی به چهار گروه فعالیت‌های خودمختار، فعالیت‌های وابسته، فعالیت‌های به‌هم پیوسته و فعالیت‌های مستقل (هدایت کننده) دسته‌بندی می‌شوند. فعالیت‌های خودمختار دارای توان هدایتی و توان وابستگی ضعیف بوده و ارتباط کمی با سیستم دارند.

[1] *Reciprocal condition*
[2] *Homogeneity condition*
[3] *Dependency condition*
[4] *Expectations condition*
[5] *Inconsistency Index (I.I.)*
[6] *Inconsistency Index of Random matrix (I.I.R.)*
[7] *Consistency Rate (C.R.)*
[8] *Level partitions*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

فعالیت‌های وابسته دارای توان هدایتی ضعیف و توان وابستگی قوی هستند. فعالیت‌های به‌هم پیوسته دارای توان هدایتی و توان وابستگی قوی هستند. فعالیت‌های مستقل دارای توان هدایتی قوی و توان وابستگی ضعیف هستند. سپس نتایج با گروه خبرگان طرح می‌گردد. در صورتی که موارد مورد تأیید نباشد، قدم‌های قبل تکرار می‌شود.

۸) اخذ مدت زمان انجام هر فعالیت از گروه خبرگان، تعیین زودترین زمان شروع فعالیت‌ها و استخراج گزینه‌های مناسب با احتساب کمان‌های مجازی در شبکه (با توجه به مقدار MFSI):

ابتدا مدت زمان لازم هر فعالیت (d_{ij}) از گروه خبرگان اخذ می‌گردد. سپس متغیر t_j به عنوان زودترین زمان شروع فعالیت، با توجه به گره‌های پیش‌نیاز بی‌واسطه همانند تعریف می‌شود [۳۴].

در صورتی که تعداد زمان‌های شروع برخی از فعالیت‌ها بیش از MFSI باشد، اضافه نمودن کمان‌های مجازی به‌منظور رفع هم‌زمانی انجام آنها لازم است. این عمل طی مشاوره با گروه خبرگان صورت می‌پذیرد. ممکن است در این راستا چند گزینه مطرح شود که برای هر گزینه، ترسیم شبکه و تعیین زودترین زمان شروع فعالیت‌ها (با توجه به پیش‌نیازهای بی‌واسطه مشابه) لازم است.

۹) تشکیل و حل مدل‌های برنامه‌ریزی خطی متناظر با گزینه‌ها و تشریح استراتژی‌های بهینه حاصله برای گروه خبرگان:

ابتدا مدل‌های برنامه‌ریزی خطی متناظر با گزینه‌ها تشکیل می‌شود.

تابع هدف کمینه‌سازی کل زمان انجام فعالیت‌ها ($t_{l+1} - t_1$) می‌باشد. اضافه نمودن محدودیت‌های $t_j \geq t_i + d_{ij}$، احتساب روابط ارجحیت را تضمین می‌نماید [۳۴]. سپس مدل‌های مزبور حل شده و زودترین زمان شروع هر فعالیت و کل زمان مورد نیاز برای بهبود قابلیت‌ها (t_jها) مشخص می‌شود. با پردازش نتایج، تعداد مراحل بهینه نیز حاصل خواهد شد. استراتژی تولید وابسته به تصمیم‌های متوالی بهبود قابلیت‌های رقابتی تولید طی مراحل مختلف به‌منظور کسب مزیت رقابتی در بازار است. با توجه به نتایج حاصله، گزینه‌های مختلف استراتژی تولید برای گروه خبرگان تشریح می‌شود.

۱۰) بررسی مورد تأیید بودن نتایج و وجود استراتژی مطلوب در گزینه‌ها:

نتایج حاصله برای گروه خبرگان تشریح می‌شود. همچنین گزینه‌های استراتژی (کل زمان بهبود قابلیت‌ها، تعداد و زمان مراحل بهبود و زمان شروع و پایان هر فعالیت) با گروه خبرگان طرح می‌شود. در صورت عدم تأیید نتایج یا عدم وجود استراتژی مطلوب در گزینه‌های پیشنهادی، قدم‌های قبل تکرار می‌شود.

شایان ذکر است اعتبار الگوریتم طی اخذ نظرات گروه خبرگان طی دو مرحله (دسته‌بندی مقبول فعالیت‌ها در مرحله اول و مورد تأیید بودن نتایج و استراتژی مطلوب در خروجی‌ها در مرحله دوم) بررسی می‌شود. همچنین یادآوری می‌شود که گروه خبرگان از موقعیت شرکت مورد مطالعه و شرکت‌های رقیب آگاهی کافی داشته و دارای اشتراک در اهداف تصمیم‌گیری و توافق جمعی در تصمیمات می‌باشند. در ادامه الگوریتم در یک مطالعه موردی اعمال می‌گردد.

۳. مطالعه موردی

تعیین استراتژی تولید شرکت مگ‌فیلتر[1] مد نظر است.

۱) شناسایی قابلیت‌های رقابتی قابل بهبود شرکت (فعالیت‌ها):

با توجه به مطالعات انجام شده گذشته و ذهنیت گروه خبرگان، پنج قابلیت رقابتی تولید قابل بهبود (فعالیت) شامل کیفیت (چیزهای درست تولید کردن)، تحویل (چیزها را سریع تولید کردن)، هزینه (چیزها را ارزان تولید کردن)، انعطاف‌پذیری (تغییر چیزهای تولید شده) و قابلیت اطمینان (تولید در زمان مورد نیاز) شناسایی شد.

۲) برقراری ارتباط ارجحیت مابین فعالیت‌ها، تشکیل ماتریس سازگار مقایسه زوجی فعالیت‌ها و تشکیل ماتریس دسترسی:

ماتریس مقایسه زوجی فعالیت‌ها طی مصاحبه با گروه خبرگان به‌صورت جدول ۱ استخراج گردید. شایان ذکر است مقادیر مرتبط، میزان ارجحیت نسبی فعالیت‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱. ماتریس مقایسه زوجی فعالیت‌ها

قابلیت رقابتی / قابلیت رقابتی		کیفیت	تحویل	هزینه	انعطاف‌پذیری	قابلیت اطمینان
		1	2	3	4	5
کیفیت	1	1	3	5	3	1
تحویل	2	0.333	1	5	1	0.333
هزینه	3	0.2	0.2	1	0.143	0.2
انعطاف‌پذیری	4	0.333	1	5	1	5
قابلیت اطمینان	5	1	0.2	3	0.143	1

سپس مقادیر بردار وزن ($W = (0.388,0.156,0.041,0.278,0.137)'$)، λ_{max} (λ_{max}=5.24) و شاخص ناسازگاری ($I.I. = 0.061$) محاسبه می‌شود. با تقسیم مقدار شاخص ناسازگاری به‌دست آمده بر شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی متناظر ($I.I.R._{5\times5} = 1.12$)، مقدار نرخ ناسازگاری محاسبه می‌شود ($I.R. = 0.054$). از آنجا که نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱

[1] شرکت مگ‌فیلتر تولیدکننده انواع فیلترهای صنعتی بوده و مکان کارخانه در شهرک صنعتی و دفتر فروش در بلوار رحمت شیراز مستقر است. آدرس اینترنتی شرکت www.magfilters.com می‌باشد.

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

است، سازگاری قابل قبول بوده و جدول ۱ ماتریس سازگار مقایسه زوجی فعالیت‌ها است.

حداقل مقدار قابل قبول به منظور احتساب رابطه معنی‌دار بین فعالیت‌ها عدد ۵ (ترجیح قوی) توسط گروه خبرگان تعیین می‌شود. با احتساب مقدار یک برای درایه‌های بزرگتر یا مساوی ۵ و مقدار صفر برای سایر درایه‌ها، ماتریس مجاور به‌دست می‌آید. با جمع ماتریس مجاور با ماتریس همانی ۵×۵، ماتریس دسترسی مطابق جدول ۲ حاصل می‌شود.

جدول ۲. ماتریس دسترسی

قابلیت رقابتی / قابلیت رقابتی		کیفیت	تحویل	هزینه	انعطاف‌پذیری	قابلیت اطمینان
		1	2	3	4	5
کیفیت	1	1	0	1	0	0
تحویل	2	0	1	1	0	0
هزینه	3	0	0	1	0	0
انعطاف‌پذیری	4	0	0	1	1	1
قابلیت اطمینان	5	0	0	0	0	1

۳) تفکیک ماتریس دسترسی به سطوح مختلف:

سیستم شامل دو سطح بوده که نحوه شناسایی سطوح در جداول ۳ و ۴ آورده شده است.

جدول ۳. تعیین سطح اول سیستم

فعالیت	مجموعه متقدم	مجموعه متأخر	مجموعه مشترک	توضیحات
۱	۱	۳ و ۱	۱	
۲	۲	۳ و ۲	۲	
×۳	۱×۲×۳×۴	۳	۳	مجموعه‌های متأخر و مشترک مشابه‌اند
۴	۴	۳×۴×۵	۴	
×۵	۴ ×۵	۵	۵	مجموعه‌های متأخر و مشترک مشابه‌اند

جدول ۴. تعیین سطح دوم سیستم

فعالیت	مجموعه متقدم	مجموعه متأخر	مجموعه مشترک	توضیحات
۱	۱	۱ × ۳	۱	
۲	۲	۲× ۳	۲	
×۳	۱×۲×۳×۴	۳	۳	مجموعه‌های متأخر و مشترک مشابه‌اند

۴) تشکیل ماتریس‌های کانونیک و فشرده:

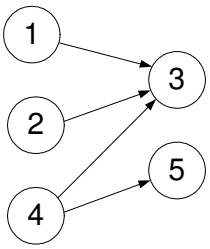
با مرتب‌سازی ماتریس دسترسی به ترتیب درایه‌های سطوح اول و دوم سیستم، ماتریس کانونیک به‌صورت جدول ۵ به‌دست می‌آید. از آنجا که درایه با مقدار یک در بالای قطر اصلی وجود ندارد، سیستم فاقد دور بوده و ماتریس‌های فشرده و کانونیک یکسان می‌باشند. از طرف دیگر با توجه به آنکه در ماتریس فشرده روابط تسری وجود ندارد، ماتریس فشرده نهایی مساوی ماتریس فشرده اولیه خواهد بود. همچنین توان‌های وابستگی و هدایتی قابلیت‌ها محاسبه و سطر و ستون مرتبط در جدول لحاظ می‌گردد.

جدول ۵. ماتریس کانونیک و فشرده

توان هدایتی	4	2	1	5	3	
۱	۰	۰	۰	۰	۱	3
۱	۰	۰	۰	۱	۰	5
۲	۰	۰	۱	۰	۱	1
۲	۰	۱	۰	۰	۱	2
۳	۱	۰	۰	۱	۱	4
	۱	۱	۱	۲	۴	توان وابستگی

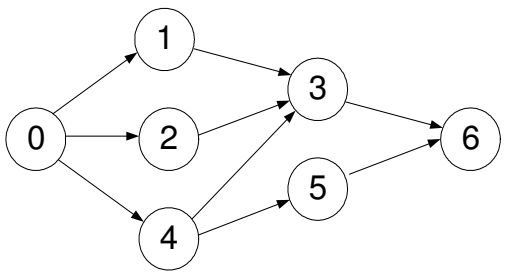
۵) تشکیل گراف جهت‌دار فعالیت‌ها و شبکه فعالیت‌گرای اولیه:

با استفاده از ماتریس فشرده (جدول ۵)، گراف جهت‌دار قابلیت‌ها مطابق شکل ۱ به‌دست می‌آید. شایان ذکر است که در گراف مزبور، روابط همانی نمایش داده نمی‌شوند.



شکل ۱. گراف جهت‌دار

با اضافه کردن گره‌های شروع (۰) و پایان (۶) و ترسیم کمان‌هایی از گره شروع به گره‌های فاقد پیش‌نیاز (کمان‌های ۱-۰، ۲-۰ و ۴-۰) و از گره‌های فاقد پس‌نیاز به گره پایان (کمان‌های ۶-۳ و ۶-۵)، شبکه فعالیت‌گرای اولیه حاصل می‌شود (شکل ۲).

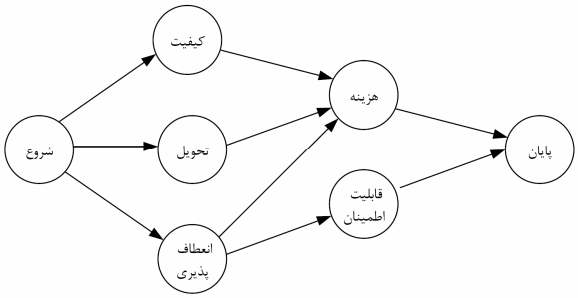


شکل ۲. شبکه فعالیت‌گرای اولیه

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

۶) اخذ MFSI از گروه خبرگان، تشکیل شبکه فعالیت‌گرای نهایی و نمایش شبکه با جایگزینی عناوین فعالیت‌ها:

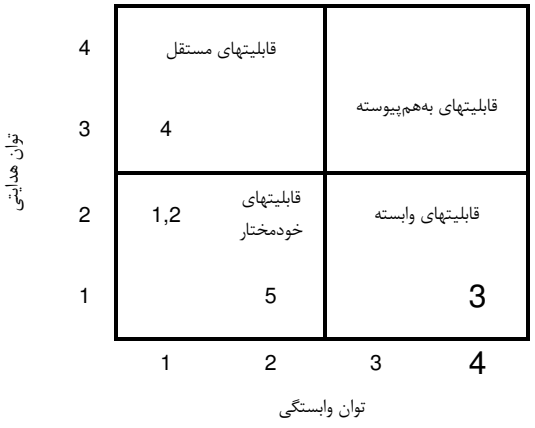
مقدار ۲ برای MFSI توسط گروه خبرگان برآورد می‌گردد. از آنجا که در گراف شبکه فعالیت‌گرا، گره‌های متناظر با بیش از MFSI فعالیت وجود ندارد، شبکه فعالیت‌گرای نهایی نیز مطابق شکل ۲ می‌باشد. با جایگزینی عناوین بهبود فعالیت‌ها، شکل ۳ حاصل می‌گردد.



شکل ۳. شبکه فعالیت‌گرا با جایگزینی عبارات متناظر

۷) انجام تحلیل MICMAC و بررسی اعتبار نتایج طی طرح با گروه خبرگان:

ماحصل تحلیل MICMAC در شکل ۴ آورده شده است. کیفیت، تحویل و قابلیت اطمینان قابلیت‌های خودمختار هستند. این قابلیت‌ها دارای توان هدایتی و توان وابستگی ضعیف بوده و ارتباط کمی با سیستم دارند. هزینه تنها قابلیت وابسته و انعطاف‌پذیری تنها قابلیت مستقل می‌باشد. قابلیت به‌هم پیوسته در سیستم وجود ندارد.



شکل ۴. آنالیز MICMAC

نتایج به‌دست آمده تا این مرحله مورد تأیید گروه خبرگان بوده و نیازی به بازنگری وجود ندارد.

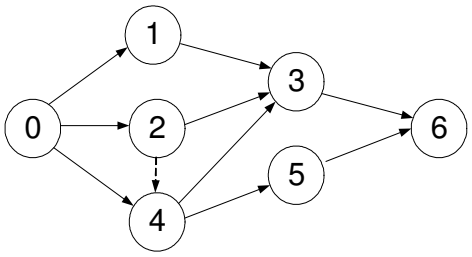
۸) اخذ مدت زمان انجام هر فعالیت از گروه خبرگان، تعیین زودترین زمان شروع فعالیتها و استخراج گزینه‌های مناسب با احتساب کمانهای مجازی در شبکه (با توجه به مقدار MFSI):

ابتدا مدت زمان لازم برای بهبود هر قابلیت (پارامتر d_{ij}) از گروه خبرگان اخذ شده است. سپس بدون توجه به محدودیت مقدار MFSI، متغیرهای t_1 تا t_4 به‌عنوان زودترین زمان شروع فعالیت‌ها (با توجه به گره‌های پیش‌نیاز بی‌واسطه همانند) تعریف می شود. موارد در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶. زودترین زمان شروع و مدت زمان لازم برای بهبود قابلیت‌ها (گزینه ۱)

شماره فعالیت	فعالیت	پیش‌نیازهای بی‌واسطه	زودترین زمان شروع	مدت زمان (روز)
۰	شروع	-	۰	۰
۱	بهبود کیفیت	۰	t_1	۹۰
۲	بهبود تحویل	۰	t_1	۹۰
۳	بهبود هزینه	۱×۲×۴	t_2	۲۵۰
۴	بهبود انعطاف‌پذیری	۰	t_1	۱۰۰
۵	بهبود قابلیت اطمینان	۴	t_3	۱۵۰
۶	پایان	۳×۵	t_4	۰

چنانچه مشاهده می‌شود، بهبود کیفیت، تحویل و انعطاف‌پذیری همزمان بوده (t_1) و بیشتر از مقدار MFSI می‌باشد. برای رفع این نقص، می‌بایست یک کمان مجازی ارجحیت مابین فعالیت‌های ۱، ۲ یا ۴ اضافه شود. گروه خبرگان احتساب کمان مجازی ۴-۲ را پیشنهاد می‌نماید. شبکه فعالیت‌گرای مرتبط به‌صورت شکل ۵ حاصل می‌گردد.



شکل ۵. شبکه فعالیت‌گرای گزینه ۲

زودترین زمان شروع فعالیت‌های مرتبط با شبکه فوق با توجه به پیش‌نیازهای بی‌واسطه همانند به‌صورت جدول ۷ است.

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

جدول ۷. زودترین زمان شروع و مدت زمان لازم برای بهبود قابلیت‌ها (گزینه ۲)

شماره فعالیت	فعالیت	پیش‌نیازهای بی‌واسطه	زودترین زمان شروع	مدت زمان (روز)
۰	شروع	–	۰	۰
۱	بهبود کیفیت	۰	t_1	۹۰
۲	بهبود تحویل	۰	t_1	۹۰
۳	بهبود هزینه	۱×۲×۴	t_2	۲۵۰
۴	بهبود انعطاف‌پذیری	۰×۲	t_3	۱۰۰
۵	بهبود قابلیت اطمینان	۴	t_4	۱۵۰
۶	پایان	۳×۵	t_5	۰

چنانچه مشاهده می‌گردد در این گزینه حداکثر تعداد زودترین زمان‌های شروع فعالیت‌ها مقدار ۲ بوده و از MFSI کمتر است.

۹) تشکیل و حل مدل‌های برنامه‌ریزی خطی متناظر با گزینه‌ها و تشریح استراتژی‌های بهینه حاصله برای گروه خبرگان:

مدل برنامه‌ریزی خطی متناظر با شبکه فعالیت‌گرای گزینه‌های ۱ و ۲ مطابق جداول ۸ و ۹ است.

جدول ۸. تابلوی متناظر با گزینه ۱ (عدم احتساب MFSI)

مقدار سمت راست	رابطه	t_4	t_3	t_2	t_1
۱۰۰	≥			۱	-۱
۱۰۰	≥		۱		-۱
۲۵۰	≥	۱		-۱	
۱۵۰	≥	۱	-۱		
T (min)	=	۱			-۱

جدول ۹. تابلوی متناظر با گزینه ۲

مقدار سمت راست	رابطه	t_5	t_4	t_3	t_2	t_1
۹۰	≥				۱	-۱
۹۰	≥			۱		-۱
۱۰۰	≥			-۱	۱	
۱۰۰	≥		۱	-۱		
۲۵۰	≥	۱			-۱	
۱۵۰	≥	۱	-۱			
T (min)	=	۱				-۱

حال لازم است جواب بهینه مدل‌های فوق محاسبه شود. با برنامه‌نویسی و اجرای مدل‌های برنامه‌ریزی خطی گزینه‌های ۱ و ۲ در محیط LINGO، مقادیر متغیرهای بهینه t_1 تا t_4 (مربوط به گزینه ۱) به ترتیب ۰، ۱۰۰، ۱۰۰ و ۳۵۰ با مقدار بهینه تابع هدف ۳۵۰ و مقادیر متغیرهای بهینه t_1 تا t_5 (مربوط به گزینه ۲) به ترتیب ۰، ۱۹۰، ۹۰، ۱۹۰ و ۴۴۰ و مقدار بهینه تابع هدف ۴۴۰ می‌باشد. با توجه به جواب‌های بهینه حاصله، استراتژی بهینه متناظر با گزینه‌های ۱ و ۲ مطابق جداول ۱۰ و ۱۱ است.

جدول ۱۰. استراتژی متناظر با گزینه ۱ (عدم احتساب MFSI)

شماره فعالیت	فعالیت	مدت زمان (روز)	زمان شروع	زمان پایان
۰	شروع	۰	۰	۰
۱	بهبود کیفیت	۹۰	۰	۹۰
۲	بهبود تحویل	۹۰	۰	۹۰
۳	بهبود هزینه	۲۵۰	۱۰۰	۳۵۰
۴	بهبود انعطاف‌پذیری	۱۰۰	۰	۱۰۰
۵	بهبود قابلیت اطمینان	۱۵۰	۱۰۰	۲۵۰
۶	پایان	۰	۳۵۰	۳۵۰

مدت زمان مورد نیاز ۳۵۰ روز و تعداد مراحل بهینه بهبود ۲ (زمانهای ۰ و ۱۰۰) است.

جدول ۱۱. استراتژی متناظر با گزینه ۲ (احتساب MFSI)

شماره فعالیت	فعالیت	مدت زمان (روز)	زمان شروع	زمان پایان
۰	شروع	۰	۰	۰
۱	بهبود کیفیت	۹۰	۰	۹۰
۲	بهبود تحویل	۹۰	۰	۹۰
۳	بهبود هزینه	۲۵۰	۱۹۰	۴۴۰
۴	بهبود انعطاف‌پذیری	۱۰۰	۹۰	۱۹۰
۵	بهبود قابلیت اطمینان	۱۵۰	۱۹۰	۳۴۰
۶	پایان	۰	۴۴۰	۴۴۰

مدت زمان مورد نیاز ۴۴۰ روز و تعداد مراحل بهینه بهبود ۳ (زمانهای ۰، ۹۰ و ۱۹۰) است.

۱۰) بررسی مورد تأیید بودن نتایج و وجود استراتژی مطلوب در گزینه‌ها:

طرح استراتژی گزینه‌های ۱ و ۲ با گروه خبرگان حاکی از مقبول بودن نتایج و استراتژی گزینه ۲ است. لذا این استراتژی بهینه محسوب شده و الگوریتم خاتمه می‌یابد.

۴. نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر مدلسازی ساختاری تشریحی اصلاح شده ارایه شد. این روش می‌تواند نرخ ناسازگاری قضاوت گروه خبرگان را در نظر گرفته و سلسله مراتب فاقد دور از عناصر موضوع ارایه دهد.

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

استراتژی تولید وابسته به تصمیم‌های متوالی بهبود قابلیت‌های رقابتی تولید طی مراحل مختلف به‌منظور کسب مزیت رقابتی در بازار در نظر گرفته شد. با توجه به این توصیف، الگوریتم پیشنهاد استراتژی بهینه تولید با استفاده از مدلسازی ساختاری تشریحی اصلاح شده ارایه گردید. در این رابطه ابتدا شبکه ارجحیت بهبود قابلیت‌های رقابتی تولید قابل بهبود توسط مدلسازی ساختاری تشریحی اصلاح شده استخراج شد. پس از اطمینان از صحت شبکه مزبور، گزینه‌های مختلف استراتژی تولید با اضافه نمودن کمان‌های مجازی و با تشکیل و حل مدل برنامه‌ریزی خطی متناظر طی مصاحبه با گروه خبرگان ایجاد شد. شرط توقف الگوریتم، تأیید نتایج و وجود گزینه مطلوب در گزینه‌های پیشنهادی توسط گروه خبرگان در نظر گرفته شد. در پایان الگوریتم برای یک شرکت نمونه اجرا شد.

مراجع

[۱] اصغرپور، محمد جواد.، "تصمیم‌گیری گروهی و نظریه بازی‌ها با نگرش تحقیق در عملیات"، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۱۳۸۲.

[2] Warfield, J.N., *"Developing Interconnected Matrices in Structural Modeling*", IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics SMC, Vol. 4, No. 1, 1974a, pp. 51–81.

[3] Warfield, J.N., *"Toward Interpretation of Complex Structural Modeling"*, IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics SMC, Vol. 4, No. 5, 1974b, pp. 405–417.

[4] Warfield, J.N., *Societal Systems: Planning, Policy and Complexity*. John Wiley & Sons, New York, 1976.

[5] Huang, J.J., Tzeng, G.H., Tzeng, Ong C.S., Ong., *"Multidimensional Data in Multidimensional Scaling using the Analytic Network Process"*., Pattern Recognization Letter, Vol. 26, No. 6, 2005, pp.755–767.

[6] Wang, G.H., Wang, Y.X., Zhaoa, T., *"Analysis of Interactions Among the Barriers to Energy Saving in China"* Energy Policy, Vol. 36, 2008, pp.1879–1889.

[7] Kannan, G., Pokharel, S., Kumarc, P.S., *"A Hybrid Approach using ISM and Fuzzy TOPSIS for the Selection of Reverse Logistics Provider"*, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 54, 2009, pp.28–36.

[8] Feng, C.M., Wu, P.J., Chia, K.C., *"A Hybrid Fuzzy Integral Decision-Making Model for Locating Manufacturing Centers in China: A Case Study"*, European Journal of Operational Research, Vol. 200, 2010, pp.63–73.

[9] Lee, A.H.I., Wang, W.M., Lin, T.Y., "*An Evaluation Framework for Technology Transfer of New Equipment in High Technology Industry"*, Technological Forecasting & Social Change, Vol. 77, 2010, pp.135–150.

[10] Chen, W.T., Chang, P.Y., Chou, K., Mortis, L.E., *"Developing a CBR-Based Adjudication System for Fatal Construction Industry Occupational Accidents. Part I: Building the System Framework"*, Expert Systems with Applications, article in press, 2011.

[11] Ya-Ti, L., Chia-Li, L., Hsiao-Cheng, Y., Gwo-Hshiung, T., *"A Novel Hybrid MCDM Approach for Outsourcing Vendor Selection: A Case Study for a Semiconductor Company in Taiwan"*, Expert Systems with Applications, article in press, 2011.

[12] Agarwal, A., Shankar, R., Tiwari, M.K., *"Modeling Agility of Supply Chain"*, Industrial Marketing Management, Vol. 36, 2007, pp. 443–457.

[13] Warfield, J.W., *A Science of Generic Design. Managing Complexity Through Systems Design*, Intersystems Publications, Salinas, CA, 1990.

[14] Mandal, A., Deshmukh, S.G., *"Vendor Selection using Interpretive Structural Modeling (ISM)",* International Journal of Operations and Production Management, Vol. 14, No. 6 ,1994, pp.52–59.

[15] Ravi, V., Shankar, R., *"Analysis of Interactions among the Barriers of Reverse Logistics"*, Technological Forecasting and Social Changes, Vol. 72, 2005, pp.1011–1029.

[16] Minor, E.D., Hensley, R.L., Wood, D.R., *"A Review of Empirical Manufacturing Strategy Studies"*, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 14, No. 1, 1994, pp. 5-25.

[17] Anderson, J.C., Cleveland, G, Schroeder, R.G., *"Operations Strategy: a Literature Review",* Journal of Operations Management, Vol. 8, 1989, pp.133–158.

[18] Hayes, R.H., Wheelwright, S.C., *"Restoring our Competitive Edge-Competing through Manufacturing"*., John Wiley & Sons, New York, 1984.

[19] Platts, K., Mills, J., Bourne, M., Neely, A., Richards, A., Gregory, M., *"Testing Manufacturing Strategy Formulation Process"*, International Journal of Production Economics, Vol. 56, No. 7, 1998, pp.517–523.

[20] Safizadeh, M.H., Ritzman, L.P., Mallick, D., *"Revisiting Alternative Theoretical Paradigms in Manufacturing Strategy"*, Production and Operations Management, Vol. 9, No. 2, 2000, pp.111–126.

[21] Skinner, W., *"Manufacturing-Missing Link in Corporate Strategy"*, Harvard Business Review, Vol. 47, No. 3, 1969, pp.136–145.

[22] Skinner, W.,*"The Focused Factory"*, Harvard Business Review, Vol. 52, No. 3, 1974, pp.113–121.

[23] White, G.P., *"A Meta-Analysis Model of Manufacturing Capabilities"*, Journal of Operations Management, Vol. 14, No. 4, 1996, pp.315–331.

[24] Kathuria, R., *"Competitive Priorities and Managerial Performance: A Taxonomy of Small Manufacturers"*,

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

Journal of Operations Management, Vol. 18 , No. 6, 2000, pp.627–641.

[25] Noble, M.A., *"Manufacturing Strategy: Testing the Cumulative Model in a Multiple Country Context"*, Decision Science, Vol. 26, No. 5, 1995, pp. 693.

[26] Ward, P.T., McCreery, J.K., Ritzman, L.P., Sharma, D., *"Competitive Priorities in Operations Management"*, Decision Sciences, Vol. 29, No. 4, 1998, pp. 1035–1046.

[27] Boyer, K.K., Lewis, M.W., *"Competitive Priorities: Investigating the Need for Trade-Offs in Operations Strategy"*, Production and Operations Management, Vol. 11, No. 1, 2002, pp. 9–20.

[28] Barnes, D., *"The complexities of the manufacturing strategy formation process in practice*"., International Journal of Operations and Production Management, Vol. 22, No.10, 2002, pp. 1090–1111.

[29] Papke-Shields, K., Malhotra, M., Grover, V., "*Strategic Manufacturing Planning Systems and Their Linkage to Planning System Success"*, Decision Sciences, Vol. 33, No. 1, 2002, pp. 1–30.

[30] Pun, K., *"A Conceptual Synergy Model of Strategy Formulation for Manufacturing"*, International Journal of Operations and Production Management, Vol. 24, No. 9, 2004, pp. 903–928.

[31] Hallgren, M., Olhager, J., *"Quantification in Manufacturing Strategy: A Methodology and Illustration"*, International Journal of Production Economics, Vol. 104, 2006, pp. 113–124.

[32] Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980.

[33] Farris, D.R., Sage, A.P., *"On the use of Interpretive Structural Modeling for Worth Assessment"*, Computer & Electrocic Engineering, Vol. 2, 1975, pp. 149-174.

[34] Braddley, S.P., Hax, A.C., Magnanti, T.L., *"Applied Mathematical Programming"*, Addison-Wesley, 1977.

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]