

## ارزیابی عوامل کلیدی پیاده‌سازی موفق تولید در کلاس جهانی با استفاده از رویکرد یکپارچه مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)، تئوری گراف و رویکرد ماتریسی (GTMA) (مطالعه موردی: گروه ایران خودرو و سایپا)

اکبر عالم تبریز<sup>۱</sup>، حمیدرضا طلایی<sup>۲</sup>، الناز مرادی<sup>۳</sup>

**چکیده:** تولید در کلاس جهانی (WCM) یک مفهوم کلیدی و مهم در جهان معاصر است که توجه بسیاری از صنایع را به خود جلب کرده است. بسیاری سازمان‌ها از سیستم تولید در کلاس جهانی به منظور رقابت در بازار جهانی استفاده می‌کنند. دیدگاه‌های گوناگونی در مورد فلسفه و مفاهیم ویژگی‌های WCM مطرح است اما آنچه به عنوان عنصر کلیدی مطرح است، رسیدن به عملکردی مطابق با "بهترین‌ها در سطح جهانی" است. تاکنون عوامل متعددی شناسایی شده‌اند که بر پیاده‌سازی موفق تولید در کلاس جهانی مؤثر هستند، اما پژوهش‌های کمی در حوزه ارزیابی این عوامل در کشورهای در حال توسعه انجام شده است. هدف اصلی این مقاله، ارائه تکنیکی برای ارزیابی عوامل کلیدی پیاده‌سازی موفق تولید در کلاس جهانی و مقایسه توانایی دو شرکت مورد مطالعه در پیاده‌سازی WCM، با توجه به شاخص نهایی به دست آمده برای هر شرکت است. این تکنیک ترکیبی از دو رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)، تئوری گراف و رویکرد ماتریسی (GTMA) است که در دو شرکت خودروسازی (ایران خودرو و سایپا) به کار گرفته شده است. براساس نتایج این پژوهش، امکان تعیین میزان توانایی شرکت‌ها در پیاده‌سازی WCM، همچنین مقایسه و رتبه‌بندی شرکت‌ها از حیث توانایی در پیاده‌سازی WCM با توجه به شاخص هر شرکت فراهم می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** تولید در کلاس جهانی، مدل‌سازی ساختاری تفسیری، تئوری گراف، رویکرد ماتریسی.

۱. دانشیار دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۰۶/۱۳

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۰۳

نویسنده مسئول مقاله: حمیدرضا طلایی

E-mail: hamidreza.talaie@gmail.com

## مقدمه

یکی از مهم‌ترین تغییرات به وجود آمده در محیط تجاری قرن ۲۱، جهانی شدن است. اصطلاح جهانی شدن به فرایندی اطلاق می‌شود که جهان را فشرده ساخته، به شکل گرفتن فضای یکپارچه و واحد کمک می‌کند (Green & Inman, 2005). امروزه مشتریان خواستار کالاهایی با تنوع بیشتر، کیفیت بالاتر، هزینه کمتر و خدمات بهتر هستند (Ghalayini & Noble, 1996). سازمان‌ها باید به‌طور مداوم روش‌ها و چشم‌اندازهای جدید را برای پاسخ‌گویی به این نیازها با رویکرد زمان مناسب و هزینه مقرون به صرفه، توسعه دهند. شرکت‌هایی با قابلیت تولید در کلاس جهانی<sup>۱</sup>، دارای مجموعه‌ای از گزینه‌های استراتژیک هستند که می‌توانند به‌طور مؤثر به محیط‌های پویا و بی‌ثبات پاسخ دهند (Sangwan & Digalwar, 2008). شرکت‌هایی در این سطح باید منابع سازمانی خود که شامل: منابع انسانی، مالی، تکنولوژیکی و اطلاعاتی است را به‌طور مؤثر و کارآمد برای توسعه مزیت‌های رقابتی که مورد نیاز برای بهبود کارایی و بهره‌وری، بهبود کنترل مدیریت، یا تولید محصولات با کیفیت بالا هستند یکپارچه کنند (Narayan V K, 2001). این مقاله با هدف کمک به صنایع پیشرفته کشور قصد دارد با شناسایی عوامل کلیدی پیاده‌سازی موفق WCM و با استفاده از روش‌های ISM و GTMA<sup>۲</sup>، اقدام به ارزیابی عوامل کلیدی پیاده‌سازی موفق WCM و تعیین شاخص عددی شرکت در پیاده‌سازی WCM نماید. از این‌رو، با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)، ابتدا به ارزیابی عوامل کلیدی مؤثر بر پیاده‌سازی WCM و روابط بین آنها پرداخته سپس دیاگرام‌های سطح‌بندی شده، معیارها و زیرمعیارها را به‌دست آورده و در نهایت با استفاده از تئوری گراف و رویکرد ماتریسی (GTMA) شاخص عددی هر شرکت در رابطه با پیاده‌سازی WCM را به‌دست آورده تا امکان مقایسه شرکت‌ها نیز از این حیث مهیا شود.

## پیشینه پژوهش

پژوهش‌های گوناگونی درمورد مفاهیم، ویژگی‌ها و مزایای WCM انجام شده است؛ اما پژوهش‌های اندکی درمورد پیاده‌سازی و ارزیابی سیستم‌های تولید در کلاس جهانی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه انجام شده است. صفایی و همکاران (۲۰۱۱)، با هدف ارزیابی سیستم‌های کلاس جهانی شرکت ایران خودرو و سه شرکت خودروساز هندی با استفاده از آنالیز

- 
1. world class manufacturing
  2. interpretive structural modeling
  3. graph theory and matrix approach

ارزش عملکرد به این نتیجه دست یافتند که شرکت ایران خودرو تنها توانسته در دو فاکتور برنامه‌ریزی و کنترل تولید و انعطاف‌پذیری نسبت به هم‌تایان هندی عملکرد بهتری داشته، در فاکتورهای تعهد مدیریت ارشد و رضایت و خدمات مشتری عملکرد پایین‌تری دارد و در بقیه فاکتورها دارای عملکرد متوسط است. در انتها پیشنهاد کردند که شرکت ایران خودرو برای رسیدن به برتری نسبت به سایر تولیدکنندگان در عرصه جهانی باید توجه بیشتری به فاکتورهای بحرانی تعهد مدیریت عالی و رضایت و خدمات مشتری داشته باشد. اید (۲۰۰۹)، با بیان این نکته که کارخانجات تولیدی نیاز دارند تا درک کنند چه فاکتورهایی نقش بحرانی در پیاده‌سازی WCM دارند، هفت فاکتور بحرانی را در دو دسته‌ی توانمندسازهای استراتژیک WCM و توانمندسازهای تاکتیکی WCM طبقه‌بندی می‌کند. در ادامه از طریق یک نمونه ۹۶ تایی از صنایع مصری، به این نتیجه رسید که فاکتورهای استراتژیک و تاکتیکی تأثیر بسزایی بر پیاده‌سازی موفق WCM دارند. پاندى و گراگ (۲۰۰۹)، ISM را به جهت مدل‌سازی توانمندسازهای چابکی و غلبه بر پیچیدگی‌های روابط میان عوامل سیستم در زنجیره تأمین به کار بردند. راثو (۲۰۰۶)، یک مدل تصمیم‌گیری برای ارزیابی سیستم تولید انعطاف‌پذیر با استفاده از گراف جهت‌دار و روش‌های ماتریسی ارائه داد. همچنین گروور و دیگران (۲۰۰۶)، با استفاده از رویکرد ماتریسی و نظریه گراف، به بررسی و تحلیل نقش عوامل انسانی در مدیریت کیفیت جامع نموده‌اند. یلاک راج و همکاران (۲۰۱۰)، نیز با استفاده از رویکرد ماتریسی ارزیابی امکان‌پذیری انتقال از سیستم تولید سنتی به تولید انعطاف‌پذیر را انجام داده‌اند. جیتش تاکار و همکاران (۲۰۰۸)، با ترکیب دو رویکرد ISM و GTMA، به ارزیابی روابط میان تأمین‌کننده و خریدار در شرکت‌های کوچک و متوسط خودروسازی هند پرداخته‌اند. آنها شاخص روابط تأمین‌کننده- خریدار زنجیره تأمین هر سازمان در هر دو جهت پایین به بالا و بالا به پایین و سپس مقدار ضریب تشابه و عدم تشابه میان سازمان‌ها را به دست آورده‌اند.

### شناسایی و تفسیر عوامل کلیدی پیاده‌سازی تولید در کلاس جهانی

چند دهه‌ای است که تولید در کلاس جهانی بسیار مورد توجه قرار گرفته است و به یکی از نیروهای محرک حیاتی برای موفقیت‌های تجاری سازمان‌ها تبدیل شده است (Schlotterbeck, 1989). شناسایی عوامل کلیدی لازم برای پیاده‌سازی WCM از جمله اقدامات حیاتی برای سازمان‌هایی است که قصد رسیدن به تولید در کلاس جهانی دارند. بررسی‌های گسترده‌ای از ادبیات در جهت تعیین عوامل کلیدی پیاده‌سازی موفق WCM انجام شده است. با مرور ادبیات مختلف، مجموعه عوامل زیر حاصل شده است (جدول شماره ۱).

جدول ۱. عوامل کلیدی پیاده‌سازی موفق تولید در کلاس جهانی

عوامل اصلی	توضیحات	زیر معیارها	مراجع
تعهد مدیریت (GP1)	فرموله کردن سیاست‌ها، استراتژی‌ها و نظارت بر پیشرفت، جهت اطمینان از این که هسته اصلی استراتژی‌های تولید و استراتژی‌های کسب‌وکار مستقر هستند.	کنترل دیداری (E1)	Stalk(1990), Yip (1992), Maskell (1989), Geber (1989), Ross (1991), Stickler (1989), Kasul & Motwani (1994).
		تخصیص منابع (E2)	
		برنامه‌ریزی برای تغییرات (E3)	
		نظارت بر پیشرفت (E4)	
کیفیت (GP2)	استفاده از برنامه و خط‌مشی کیفیت، به منظور بهبود قابلیت‌های تولید و انتقال مسئولیت کیفیت برای کارکنانی که آن را ایجاد کرده‌اند.	برنامه‌ها و سیاست‌های کیفیت (E5)	Geber (1989), Ross (1991), Deloitte & Touche (1992), Sheridan (1990).
		کیفیت تأمین‌کننده (E6)	
		هزینه کیفیت (E7)	
		آموزش کیفیت (E8)	
		کیفیت انطباق (E9)	
کیفیت کارکرد محصول (E10)			
رضایت مشتری (GP3)	پیاده‌سازی برنامه‌های تضمین مشتری داخلی و خارجی که عبارتند از: اطلاعات قابل اعتماد و واکنش سریع به شکایات	زمان تحویل مطمئن (E11)	Kasul & Motwani (1994), Geber (1989), Deloitte & Touche (1992), Kasul & Motwani (1994).
		گسترش روابط با مشتری (E12)	
		کانال‌های توزیع وسیع (E13)	
		خدمات تعمیر و نگهداری پیشرفته (E14)	
مدیریت تأمین (GP4)	داشتن روابط قوی با تأمین‌کنندگان در کاهش سطح موجودی و هزینه	گردش موجودی (E15)	Maskell (1989), Reed (1991), Kumar & Motwani (1996).
		کاهش موجودی (E16)	
		هزینه موجودی (E17)	
		روابط با تأمین‌کننده (E18)	
دقت موجودی (E19)			
رویکردهای بهبود مستمر (GP5)	تعهد به بهبود مستمر در کیفیت، پاسخ‌گویی سریع، انعطاف‌پذیری و ارزش. حذف مداوم فعالیت‌های بی‌ارزش و ایجاد آنها در بهترین سطوح ممکن	محصولات با ارزش و کیفیت بیشتر (E20)	Sohal & Terziovski (2000), Svensson & Klefsjo (2000), Sinclair & Zairi (2001), Oakland (2001).
		کاهش حمل‌ونقل مواد (E21)	
		حذف همه فعالیت‌های زاید (E22)	
		قابلیت اطمینان محصول و خدمات ۱۰۰ (E23)	

عوامل اصلی	توضیحات	زیرمعیارها	مراجع
		درصد توسعه‌ی محصول (E24)	
خلاقیت و انعطاف‌پذیری (GP6)	پاسخ سریع به درخواست‌های سفارش مشتری و معرفی سریع محصولات جدید. ایجاد خلاقیت در فرهنگ سازمان و ایجاد ایده‌های نو توسط تمام کارکنان	تغییر سریع حجم و ترکیب تولید (E25)	Azzone (1991), Goldsbrough (1988), Valovic (1992), Weimer (1992).
		معرفی سریع محصولات جدید (E26)	
		انعطاف‌پذیری و چابکی نیروی کار (E27)	
		سطح بالای R&D در محصولات (E28)	
تکنولوژی و مدیریت تأسیسات (GP7)	تمرکز بر چیدمان کارا و مؤثر تجهیزات، تلاش برای حذف ضایعات، اجرای طرح نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، بهینه‌سازی فضا و فعالیت‌های فاقد ارزش افزوده	چیدمان تجهیزات کارخانه (E29)	Richardson (1980), Evans (1991), Issenhour (1990), Stickler (1989), Kasul & Motwani (1994).
		تعمیر و نگهداری پیشگیرانه و مولد (E30)	
		بهینه‌سازی فضا (E31)	
		زمان‌های راه‌اندازی پایین (E32)	
		زمان‌های چرخه پایین و کاهش یافته (E33)	

### تشریح تکنیک‌های پژوهش

در این مقاله، از روش پیمایشی توصیفی استفاده شده است. مراحل اصلی پژوهش شامل: مرحله اول، تعریف و شناسایی معیارهای اصلی و معیارهای فرعی با استفاده از منابع مختلف و نظرات خبرگان است. در مرحله دوم، با نظرخواهی از خبرگان، اطلاعات مربوط به ارزیابی روابط میان مؤلفه‌ها به دست آمده است. در مرحله سوم، با استفاده از روش‌های مدل‌سازی ساختاری تفسیری و تئوری گراف و رویکرد ماتریسی، مؤلفه‌های اصلی و فرعی رتبه‌بندی و ارزیابی شده‌اند. در مرحله پایانی، تحلیل نتایج برای دستیابی به میزان شاخص‌های نهایی هر شرکت و مقایسه آنها انجام شده است. پیاده‌سازی موفق تولید در کلاس جهانی در صنایع، به درجه وجود عوامل لازم به جهت پیاده‌سازی WCM و اندازه روابط میان آنها بستگی دارد. در این پژوهش، دو تکنیک مدل‌سازی ساختاری تفسیری و تئوری گراف به کار گرفته شده است. مهم‌ترین خروجی روش ISM، ماتریس نفوذ-وابستگی، شناسایی سطوح و به دست آوردن گرافی است که شامل عوامل کلیدی پیاده‌سازی WCM است. همچنین، رویکرد تئوری گراف نیز شامل نمایش گراف، بیان

ماتریسی و محاسبه تابع دایمی ماتریس است. در این مقاله به جهت ارزیابی عوامل کلیدی موفقیت WCM، راه‌حلی یکپارچه مبنی بر دو روش ISM و تئوری گراف به کار گرفته شده است. اثربخشی رویکرد تئوری گراف بستگی به صحت روابط به دست آمده میان متغیرهای تعریف شده دارد. ISM نمایش کامل روابط میان عوامل کلیدی WCM در قالب گراف را فراهم می‌آورد. رویکرد تئوری گراف، شاخصی مرتبط با پیاده‌سازی WCM در صنعت مورد نظر تعریف می‌کند و به شناسایی عوامل شکست پیاده‌سازی WCM کمک خواهد کرد. در ادامه دو روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری و رویکرد تئوری گراف و مراحل آنها توضیح داده شده است.

### **الف) مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)**

مدل‌سازی ساختاری تفسیری، تکنیکی مناسب برای تحلیل تأثیر یک عنصر بر دیگر عناصر است. این متدولوژی ترتیب و جهت روابط پیچیده میان عناصر یک سیستم را بررسی می‌کند. به بیان دیگر، ابزاری است که به وسیله آن، سیستم می‌تواند بر پیچیدگی بین عناصر غلبه کند (Huang, Tzeng, Ong Ch, 2005). مدل‌سازی ساختاری تفسیری، بر مبنای قضاوت‌های گروهی یک روش تفسیری و بر مبنای مطالعه روابط متغیرها، یک روش ساختاری است و از آنجا که روابط خاص میان متغیرها را در یک مدل ساختارمند نشان می‌دهد، یک روش مدل‌سازی است (Jitesh Thakkar et al, 2008). ISM با تجزیه معیارها در چند سطح مختلف به تحلیل ارتباط میان شاخص‌ها می‌پردازد (Kannan et al, 2008). این متدولوژی در چهار گام خلاصه شده است.

### **گام اول) ایجاد ماتریس خودتعاملی ساختاری**

برای تهیه ماتریس خودتعاملی ساختاری لازم است، وابستگی تمام عناصر شناسایی شده، به صورت دو به دو مورد بررسی قرار گیرند. بدین منظور از چهار نماد به شرح زیر استفاده می‌شود:

V: برای نشان دادن تأثیر یک طرفه (معیار i به معیار j منجر می‌شود)؛

A: برای نشان دادن تأثیر یک طرفه (معیار j به معیار i منجر می‌شود)؛

X: برای نشان دادن تأثیر دوطرفه؛

O: برای نشان دادن عدم رابطه میان دو معیار.

### گام دوم) به دست آوردن ماتریس دست‌یابی<sup>۱</sup>

برای به دست آوردن ماتریس دست‌یابی باید نمادهای بالا به صفر و یک تبدیل شوند. بر حسب قواعد زیر می‌توان به ماتریس موردنظر دست پیدا کرد (Faisal et al, 2007).

- اگر خانه  $(i,j)$  در ماتریس خودتعاملی ساختاری نماد  $v$  گرفته است، خانه مربوطه در ماتریس دست‌یابی عدد یک می‌گیرد و خانه قرینه آن یعنی خانه  $(j,i)$  عدد صفر می‌گیرد.

- اگر خانه  $(i,j)$  در ماتریس خودتعاملی ساختاری نماد  $A$  گرفته است، خانه مربوطه در ماتریس دست‌یابی عدد صفر می‌گیرد و خانه قرینه آن، یعنی خانه  $(j,i)$  عدد یک می‌گیرد.

- اگر خانه  $(i,j)$  در ماتریس خودتعاملی ساختاری نماد  $X$  گرفته است، خانه مربوطه در ماتریس دست‌یابی عدد یک می‌گیرد و خانه قرینه آن، یعنی خانه  $(j,i)$  هم عدد یک می‌گیرد.

- اگر خانه  $(j,i)$  در ماتریس خودتعاملی ساختاری نماد  $O$  گرفته است، خانه مربوطه در ماتریس دست‌یابی عدد صفر می‌گیرد و خانه قرینه آن، یعنی خانه  $(j,i)$  هم عدد صفر می‌گیرد.

پس از به دست آوردن ماتریس دست‌یابی اولیه، با در نظر گرفتن خاصیت انتقال‌پذیری اگر چنانچه  $(i,j)$  باهم درارتباط باشد و نیز  $(j,k)$  باهم رابطه داشته باشند؛ آنگاه  $(i,k)$  باهم درارتباط هستند، ماتریس دست‌یابی نهایی به دست می‌آید.

### گام سوم) تعیین سطح و ماتریس استاندارد

برای تعیین سطح، با استفاده از ماتریس دست‌یابی مجموعه قابل دست‌یابی (خروجی) و مجموعه پیش‌نیاز (ورودی) برای هر متغیر تعیین می‌شود (Mandal & Deshmukh, 1994). مجموعه قابل دست‌یابی هر متغیر شامل متغیرهایی می‌شود که از طریق این متغیر می‌توان به آنها رسید و مجموعه پیش‌نیاز شامل متغیرهایی می‌شود که از طریق آنها می‌توان به این متغیر رسید. پس از تعیین مجموعه قابل دست‌یابی و پیش‌نیاز برای هر متغیر، عناصر مشترک در دو مجموعه قابل دست‌یابی و پیش‌نیاز برای هر متغیر شناسایی می‌شود. در اولین جدول تکرار متغیری دارای بالاترین سطح است که مجموعه دست‌یابی و عناصر مشترک آن کاملاً یکسان باشند. پس از تعیین این متغیرها آنها را از جدول حذف کرده، با بقیه متغیرهای باقیمانده جدول بعدی را تشکیل می‌دهیم. در جدول دوم نیز همانند جدول اول متغیر سطح دوم را مشخص می‌کنیم و این کار را

1. reachability matrix

تا تعیین سطح همه متغیرها ادامه می‌دهیم (Agarwal & Shankar, 2007). سپس ماتریس استاندارد را تشکیل می‌دهیم که با مرتب کردن عناصر با توجه به سطوح خود به دست می‌آید.

### گام چهارم) تشکیل مدل ساختاری تفسیری (گراف)

با توجه به سطوح هر یک از معیارها و همچنین ماتریس دست‌یابی نهایی، مدل اولیه ساختاری تفسیری با در نظر گرفتن انتقال‌پذیری‌ها رسم می‌شود. سپس مدل نهایی ساختاری تفسیری با حذف انتقال‌پذیری‌ها امکان‌پذیر می‌شود. گراف به دست آمده به عنوان ورودی تئوری گراف به کار می‌رود.

### ب) تئوری گراف و رویکرد ماتریسی (GTMA)

با استفاده از تئوری گراف و روش ماتریسی، می‌توان به آسانی ارتباط بین شاخص‌ها را تحلیل کرد و حتی می‌توان آنها را به معادلات ریاضی تبدیل نمود. تئوری گراف در شاخه‌های مختلف علم و تکنولوژی مانند فیزیک، شیمی، ریاضیات، علوم ارتباطات، کامپیوتر، الکترومیک، جامعه‌شناسی، اقتصاد، تحقیق در عملیات و غیره کاربرد دارد. این تئوری در اصل با شاخه‌های بسیاری از ریاضیات مثل، تئوری گروه، تئوری ماتریس، تحلیل عددی<sup>۱</sup>، احتمال، مکان‌شناسی<sup>۲</sup> و مختلط<sup>۳</sup> در ارتباط است (Rao, Padmanabhan, 2007). این رویکرد در گام‌های زیر خلاصه می‌شود.

### گام اول) نمایش گراف

یک گراف  $G=(E,e)$  مجموعه‌ای است از رئوس یا گره‌ها  $E=\{E_1,E_2,\dots\}$  و مجموعه  $e=\{e_1,e_2,\dots\}$  که اجزای این مجموعه یال نامیده می‌شوند، به طوری که هر یال  $e_{ij}$  با یک زوج از رئوس، موردشناسایی قرار می‌گیرد. معمول‌ترین راه برای نمایش گراف به وسیله گراف جهت‌دار است. در گراف جهت‌دار، رئوس با نقاط کوچک یا دایره نشان داده می‌شوند و هر یال با یک خط نشان داده می‌شود؛ به طوری که در انتهای خط دو رأس قرار داشته باشند (Rao, 2006). گراف جهت‌دار از مجموعه یال‌ها و گره‌ها تشکیل شده است. یک گره  $\{E_i\}$  وجود یا میزان  $i$  را نشان می‌دهد. یال جهت‌دار اهمیت نسبی بین گزینه‌ها را مشخص می‌کند. در صورتی که گره  $i$  بر گره  $j$  تأثیر داشته باشد، کمان یا یال جهت‌دار از گره  $i$  به سمت گره  $j$  کشیده می‌شود (به معنای  $e_{ij}$ ) و بالعکس. هر چه تعداد گره‌ها و روابط داخلی آنها افزایش یابد، گراف پیچیده‌تر می‌شود. در چنین مواردی انتظار می‌رود که تحلیل بصری گراف جهت‌دار کاری پیچیده باشد.

1. numerical analysis  
2. Topology  
3. combinatory



برای غلبه بر چنین محدودیتی، گراف جهت‌دار در قالب ماتریس ارائه می‌شود (Faisal et al, 2007). در این پژوهش برای پیدا کردن روابط بین شاخص‌ها و همچنین تصویر کردن آنها در قالب یک گراف، از روش مدل‌سازی ساختاریافته مفهومی (ISM) استفاده شد که پیش‌تر توضیح داده شده است.

### گام دوم) نمایش ماتریس گراف

برای کمی‌سازی روابط معیارها و شاخص‌ها از ماتریس استفاده می‌کنیم. نمایش ماتریسی گراف، نمایشی یک‌به‌یک با گراف جهت‌دار است. به طوری که گراف با استفاده از سیستم دودویی (۰) و (۱) به ماتریس  $(a_{ij})$  تبدیل می‌شود. در صورتی که در  $(a_{ij})$  گزینه  $i$  با  $j$  ارتباط داشته باشد  $(a_{ij}=1)$  می‌شود وگرنه برابر صفر است. از آنجایی که یک گزینه بر خود اثری ندارد، برای تمام  $a_{ii}$ ها صفر در نظر گرفته می‌شود. این ماتریس به صورت  $B=[a_{ij}]$  در نظر گرفته می‌شود. در این ماتریس تمام عناصر قطر اصلی مقدار صفر دارند و بقیه عناصر مقدار صفر یا یک را دارا می‌باشند. این بدین معنی است که این ماتریس فقط اهمیت نسبی بین معیارها را بررسی می‌کند و اندازه معیارها در نظر گرفته نمی‌شود.

### گام سوم) نمایش ماتریس ویژگی‌ها<sup>۱</sup>

برای در نظر گرفتن اندازه معیارها (میزان وجود معیارها در سازمان)، ماتریس دیگری که "ماتریس ویژگی‌ها" نامیده می‌شود و به صورت  $C=[AI-B]$  تعریف شده است، تشکیل می‌شود که در آن  $I$  ماتریس واحد و  $A$  متغیری است که اندازه معیارها را نشان می‌دهد. در ماتریس  $C$ ، ارزش تمامی عناصر قطری یکسان در نظر گرفته می‌شود؛ یعنی اندازه همه معیارها با هم برابر است که در دنیای واقعی صحیح نیست. همچنین اهمیت نسبی یک معیار بر معیار دیگر یعنی  $(a_{ij})$  می‌تواند مقادیر بیشتری از صفر یا یک اختیار کند. بنابراین نیاز به در نظر گرفتن شاخص کلی است که وجود شاخص یا اندازه آن را همراه با میزان اهمیت نسبی (متقابل) نشان دهد تا بتوان شاخص کلی را مورد ارزیابی قرار داد.

### گام چهارم) نمایش ماتریس ویژگی‌های متغیر<sup>۲</sup>

برای در نظر گرفتن وزن اندازه عوامل و روابط عوامل، ماتریس دیگری به نام "ماتریس ویژگی‌های متغیر" به صورت  $D=[E-F]$  تعریف می‌شود. در این معادله  $E$  ماتریس قطری همراه با عناصر قطری  $A_i$  است که نشان‌دهنده وجود یا اندازه شاخص  $i$  است. چنانچه شاخص در

1. characteristic matrix  
2. variable characteristic matrix

وضعیت عالی قرار داشته باشد، ارزش نسبت داده شده به آن بیشترین میزان را خواهد داشت. اگر شاخص خیلی مهم نباشد مقدار نسبت داده شده حداقل خواهد بود. کارلکارنی، فیضل و دیگران، از طیف ساده صفر تا ده و گراور و دیگران از طیف یک تا نه استفاده کرده‌اند (Grover et al, 2004). در این پژوهش نیز از طیف یک تا نه استفاده شده است.

F ماتریسی است که عناصر غیرقطری آن هر جا که معیار i اهمیت نسبی بیشتری از معیار j داشته باشد به جای یک،  $(a_{ij})$  در نظر گرفته می‌شوند. به علت وجود مقادیر مثبت و منفی در ماتریس D، به هنگام محاسبه دترمینان، ممکن است تعدادی از عبارات موجود در فرمول دترمینان بعد از انجام محاسبات صفر شده، بدین ترتیب تعدادی از داده‌های روابط موجود از دست بروند. از این رو، به جای محاسبه دترمینان، مقدار ثابت ماتریس محاسبه می‌شود که طبق گام بعد همه علامت‌های ماتریس مثبت در نظر گرفته می‌شوند.

#### گام پنجم) نمایش ماتریس متغیر نهایی (VPM)<sup>۱</sup>

ماتریسی که در مرحله قبل تعریف شد، روابط تمام عناصر را شامل نمی‌شود. به این منظور ماتریس متغیر نهایی که با  $T=[E+F]$  نشان می‌دهیم را به دست می‌آوریم. این ماتریس روابط کامل میان تمام عناصر را دارا می‌باشد. در این پژوهش به جای دترمینان ماتریس از مقدار ثابت استفاده می‌کنیم؛ زیرا نتایج بهتری ارائه می‌کند و با استفاده از مقدار ثابت، هیچ عددی با علامت منفی در محاسبات در نظر گرفته نمی‌شود. لذا هیچ داده‌ای در حین محاسبه از دست نمی‌رود (Faisal et al, 2007).

#### گام ششم) نمایش تابع مقدار ثابت و تعیین مقدار عددی

کمی‌سازی عناصر قطر  $(A_i)$  و عناصر غیرقطری  $(a_{ij})$  برای به دست آوردن مقدار عددی تابع مقدار ثابت لازم است. مقادیر عناصر قطری از طریق به دست آوردن مقدار عددی ثابت ماتریس در سطح زیرسیستم‌ها به دست می‌آیند، اما مقادیر عناصر غیرقطری که نشان‌دهنده تأثیر بین متغیرها در سطح سیستم یا زیرسیستم هستند را نمی‌توان به صورت مسقیم محاسبه کرد. بدین منظور برای اجتناب از پیچیدگی از مقادیر عناصر قطری و غیرقطری استفاده می‌کنیم. تابع ثابت ماتریس در حالت کلی به صورت رابطه (۱) نوشته می‌شود. مقدار ثابت ماتریس از  $(M+1)$  گروه تشکیل شده است و این گروه‌ها، اندازه هر شاخص و چگونگی تعاملات بین شاخص‌ها را دربر می‌گیرند. گروه اول نشان‌دهنده مقدار M شاخص است. گروه دوم در این معادله وجود ندارد؛ زیرا در ماتریس جهت‌دار ارتباط هر گره با خودش در نظر گرفته نمی‌شود. گروه سوم، اثرات دو

1. Variable Permanent Matrix(VPM)

شاخص را همراه با (M-2) شاخص نشان می‌دهد. در گروه چهارم، مجموعه‌ای از سه تعامل بین شاخص‌ها و (M-3) ارائه می‌شود. گروه پنجم، دو زیرگروه را شامل می‌شود. در اولین زیرگروه، مجموعه‌ای از دو تعامل و (M-4) شاخص در نظر گرفته می‌شود. در زیر گروه دوم، چهار تعامل و (M-4) شاخص ارائه شده است. سایر گروه‌های ثابت ماتریس نیز به همین ترتیب در نظر گرفته می‌شوند (Faisal et al, 2007). برای محاسبه مقدار ثابت ماتریس از برنامه‌نویسی زبان سی شارپ استفاده می‌کنیم.

رابطه (۱)

$$\begin{aligned}
 per(T) = & \prod_{i=1}^M A_i + \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=i+1}^M \dots \sum_{M=i+1}^M (a_{ij}a_{ji})A_kA_lA_mA_nA_o \dots A_tA_M \\
 & + \sum_{i=1}^{M-2} \sum_{j=i+k=j+1}^{M-1} \sum_{M=i+1}^M (a_{ij}a_{jk}a_{ki} + a_{ik}a_{kj}a_{ji}) \times A_lA_mA_nA_o \dots A_tA_M \\
 & + \left[ \sum_{i=1}^{M-3} \sum_{j=i+k=l=j+1}^{M-1} \sum_{M=i+1}^M (a_{ij}a_{jk}a_{kl}a_{li} + a_{il}a_{lk}a_{kj}a_{ji}) A_mA_nA_o \dots A_tA_M + \right. \\
 & \left. \sum_{i=1}^{M-3} \sum_{j=i+k=l=j+1}^{M-1} \sum_{M=i+1}^M (a_{ij}a_{jk}a_{kl}a_{li} + a_{il}a_{lk}a_{kj}a_{ji}) A_mA_nA_o \dots A_tA_M \right] \\
 & + \left[ \sum_{i=1}^{M-2} \sum_{j=i+k=j+1}^{M-1} \sum_{l=1}^{M-1} \sum_{m=l+1}^M \dots \sum_{M=i+1}^M (a_{ij}a_{jk}a_{kl} + a_{ik}a_{kj}a_{ji})(a_{lm}a_{ml}) A_nA_o \dots A_tA_M + \right. \\
 & \left. \sum_{i=1}^{M-4} \sum_{j=i+k=l=j+1}^{M-1} \sum_{m=j+1}^M \sum_{M=i+1}^M (a_{ij}a_{jk}a_{kl}a_{lm}a_{mi} + a_{im}a_{ml}a_{lk}a_{kj}a_{ji}) A_nA_o \dots A_tA_M \right] \\
 & + \left[ \sum_{i=1}^{M-3} \sum_{j=i+k=l=j+1}^{M-1} \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{n=m+1}^M \dots \sum_{M=i+1}^M (a_{ij}a_{jk}a_{kl}a_{li} + a_{ik}a_{lk}a_{kj}a_{ji})(a_{mn}a_{nm}) A_o \dots A_tA_M + \right. \\
 & \left. \sum_{i=1}^{M-5} \sum_{j=i+k=l=j+1}^{M-1} \sum_{m=1}^{M-2} \sum_{n=m+1}^{M-1} \sum_{M=i+1}^M (a_{ij}a_{jk}a_{kl} + a_{ik}a_{kj}a_{ji})(a_{lm}a_{mn}a_{nl} + a_{ln}a_{nm}a_{ml}) A_o \dots A_tA_M + \right. \\
 & \left. \sum_{i=1}^{M-5} \sum_{j=i+k=l=j+1}^{M-1} \sum_{m=1}^{M-3} \sum_{n=k+2}^{M-1} \sum_{M=i+1}^M (a_{ij}a_{jk}a_{kl})(a_{lm}a_{mn}) A_o \dots A_tA_M + \right. \\
 & \left. \sum_{i=1}^{M-5} \sum_{j=i+k=l=j+1}^{M-1} \sum_{m=1}^{M-3} \sum_{n=j+1}^M \sum_{M=i+1}^M (a_{ij}a_{jk}a_{kl}a_{lm}a_{mn}a_{ni} + a_{in}a_{nm}a_{ml}a_{lk}a_{kj}a_{ji}) A_o \dots A_tA_M \right] \\
 & + \dots
 \end{aligned}$$

### گام هفتم) شاخص پیاده‌سازی تولید در کلاس جهانی

شاخص پیاده‌سازی تولید در کلاس جهانی ابزاری مفید برای تخمین میزان موفقیت صنایع در اجرای WCM است. در این پژوهش این شاخص به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

مقدار عددی تابع مقدار ثابت ماتریس عوامل کلیدی = Per T\* = شاخص پیاده‌سازی WCM (WII)

**گام هشتم) مقایسه**

WII شاخصی مفید برای مقایسه شرکت‌ها از حیث موفقیت پیاده‌سازی WCM است. همان‌طور که گفته شد، مقدار عددی WII وابسته به مقدار عددی تابع ثابت ماتریس عوامل کلیدی پیاده‌سازی WCM می‌باشد؛ بنابراین، این شاخص ابزار قدرتمندی برای شناسایی و مقایسه صنایع از حیث موفقیت در پیاده‌سازی WCM است. دو سازمان مورد مقایسه واقع شده از نظر پیاده‌سازی WCM مشابه خواهند بود، اگر گراف‌های آنها مشابه باشند و گراف‌های آنها مشابه خواهند بود، اگر ماتریس عوامل کلیدی WCM مشابه باشد که این بدین معنی است که نه تنها جملات موجود در هر گروه مشابه هستند بلکه مقادیر آنها نیز یکسان می‌باشد. در ادامه ضریب عدم تشابه با استفاده از روابط (۲) و (۵) به دست می‌آید:

$$Cd = \frac{1}{U} \times \sum \lambda_{ij} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$U = \text{MAX} \left[ \sum |V_{ij}| \text{ and } \sum |V'_{ij}| \right] \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\lambda_{ij} = |V_{ij} - V'_{ij}| \quad \text{رابطه (۴)}$$

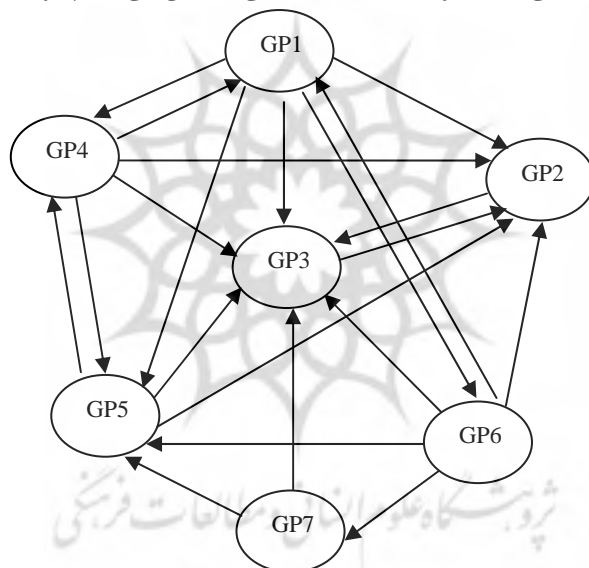
$$Cs = 1 - Cd \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در رابطه (۳) و رابطه (۴)، پارامترهای  $V_{ij}$  و  $V'_{ij}$  مقادیر عددی تابع مقدار ثابت ماتریس‌های متغیر نهایی دو شرکت مورد بررسی هستند. ضریب تشابه و عدم تشابه بین صفر و یک هستند و هر چه شباهت دو سازمان مورد بررسی بیشتر باشد، ضریب تشابه به یک نزدیک‌تر است (Varinder Singh & Agrawal, 2008). همچنین برای یافتن بیشترین و کمترین مقدار عددی تابع ثابت در سطح زیرسیستم‌ها و در سطح سیستم می‌توان مقادیر اندازه شاخص‌ها که همان عناصر قطر اصلی در ماتریس‌های متغیر نهایی است را بیشترین و کمترین عدد مقیاس تعریف شده یعنی نه و یک در نظر گرفته و ثابت ماتریس را ابتدا در سطح زیرسیستم‌ها و سپس با استفاده از نتایج حاصله ثابت‌های ماتریس در سطح سیستم را محاسبه کرد.

**تجزیه و تحلیل یافته‌ها**

در دنیای حساس و رقابتی، تمام صنایع می‌بایست وارد پارادایم رقابتی و مشتری مداری شوند. در حال حاضر پیوستن کشور ما به روند جهانی شدن تولید و صنعت اجتناب‌ناپذیر است. WCM الگوی مناسبی برای صنعت خودروسازی کشور برای ایجاد توانمندی‌های لازم برای محیط رقابتی است. در جدول شماره (۱) که شامل هفت گروه اصلی و زیرمعیارهایی برای هر گروه

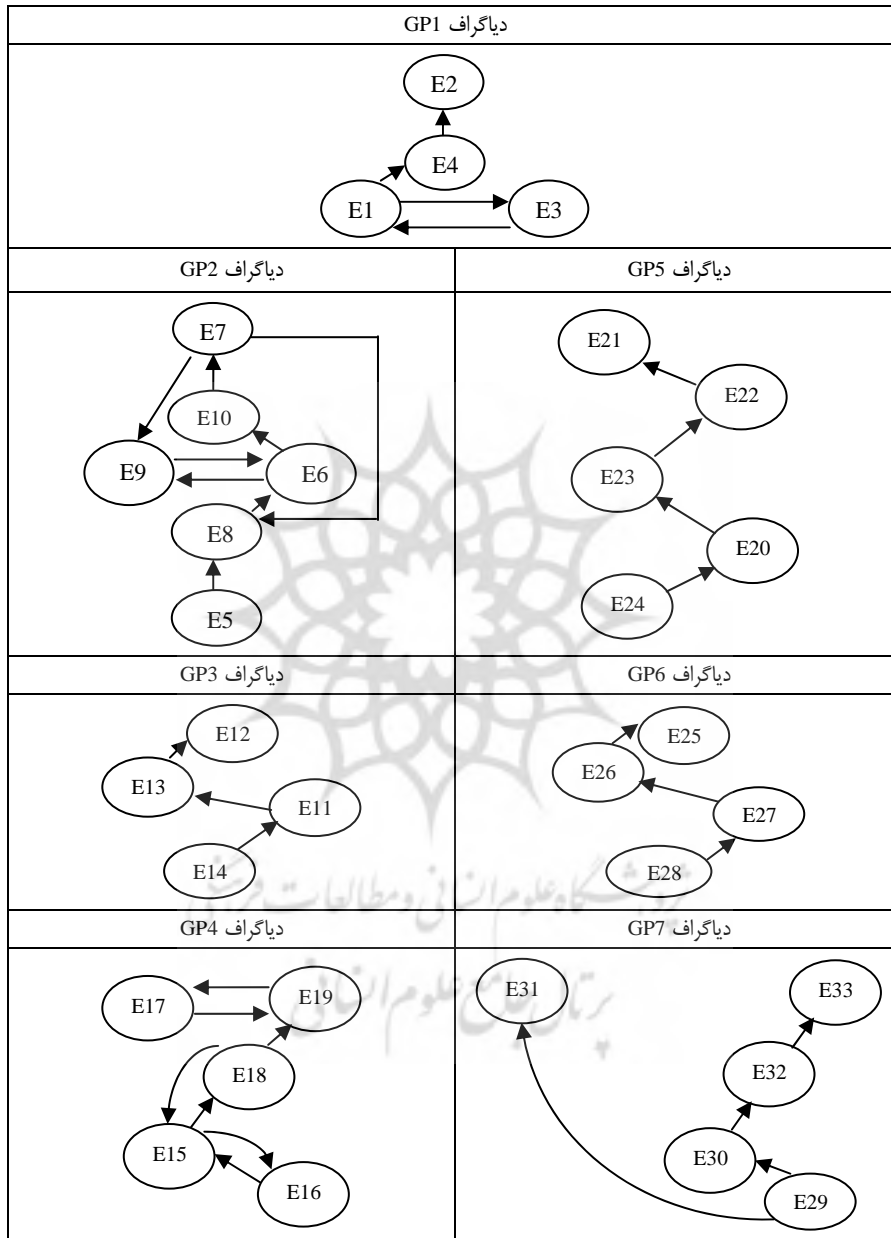
است، عوامل اصلی از GP1 تا GP7 و عوامل فرعی از E1 تا E2 طبقه‌بندی شده‌اند. در این پژوهش، ابزار جمع‌آوری اطلاعات پرسشنامه بوده است که برای طراحی آن از عوامل کلیدی موفقیت پیاده‌سازی تولید در کلاس جهانی استفاده شده است. پرسشنامه اول مربوط به روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری و پرسشنامه دوم مربوط به روش گراف بوده است. این پرسشنامه‌ها بین ۳۷ نفر از خبرگان و صاحب‌نظران صنعت خودروسازی کشور و دانشگاهی توزیع شد. از بین پرسشنامه‌های توزیع‌شده، تعداد ۲۹ پرسشنامه قابل قبول بودند که مبنای پژوهش قرار گرفتند. برای تأیید روایی پرسشنامه‌ها، در ابتدا پرسشنامه‌های طراحی‌شده بین هشت نفر از خبرگان توزیع شد و مورد تأیید ایشان قرار گرفت. ضریب آلفای کرونباخ محاسبه‌شده ۰/۸۸۵ است که نشان‌دهنده پایایی خوب پرسشنامه‌ها است. در مرحله بعد دیاگرام میان عوامل اصلی با استفاده از روش ISM به دست می‌آید که روابط هفت معیار اصلی را نشان می‌دهد (نمودار شماره ۱).



نمودار ۱. دیاگرام عوامل اصلی در سطح سیستم

در دیاگرام به دست آمده معیار تعهد مدیریت (GP1) بر تمام معیارها به جز تکنولوژی و مدیریت تأسیسات تأثیر دارد؛ بنابراین، از این گره به تمام گره‌ها به جز گره تکنولوژی و مدیریت تأسیسات برداری رسم می‌شود. همچنین دو معیار کیفیت (GP2) و رضایت مشتری (GP3) تنها بر هم تأثیر دارند و بر هیچ یک از معیارهای دیگر تأثیری ندارند؛ از این جهت تنها بردار خروجی از این دو گره به سمت یکدیگر است و سایر روابط به همین گونه تفسیر می‌شوند. در ادامه دیاگرام‌های هر کدام از عوامل را در سطح زیرسیستم خود جداگانه به دست می‌آوریم تا بدین

ترتیب ورودی لازم برای رویکرد گراف را فراهم آوریم. دیاگرام‌ها در نمودار شماره (۲) نشان داده شده‌اند.



نمودار ۲. دیاگرام هر گروه در سطح زیرسیستم خود

بعد از به‌دست آوردن نمایش گراف در سطح سیستم می‌توان ماتریس‌های C و D و سپس T را به‌دست آورد. البته عناصر قطر اصلی ماتریس T بعد از به‌دست آوردن مقدار ثابت ماتریس متغیر نهایی در سطح زیرسیستم هر گروه با توجه به رابطه (۱) به‌دست می‌آیند. با کامل شدن ماتریس T برای هر کدام از خودروسازان، می‌توان ثابت ماتریس نهایی برای هر تولیدکننده (PerT\*) را با توجه به رابطه (۱) به‌دست آورد. ماتریس متغیر نهایی کامل شده (ماتریس T) در سطح سیستم شرکت ایران خودرو در نمودار شماره (۳) نشان داده شده است.

	GP1	GP2	GP3	GP4	GP5	GP6	GP7
GP1	۶۱۶	۳	۲	۴	۵	۵	۰
GP2	۰	۲۰۸۸۰	۱	۰	۰	۰	۰
GP3	۰	۳	۷۲۰	۰	۰	۰	۰
GP4	۱	۲	۳	۳۳۷۲	۲	۰	۰
GP5	۰	۲	۱	۴	۳۵۰۴	۰	۰
GP6	۳	۲	۱	۰	۴	۴۸۰	۰
GP7	۰	۱	۳	۰	۵	۴	۱۲۶۰

نمودار ۳. ماتریس متغیر نهایی در سطح سیستم برای شرکت ایران خودرو

بدین ترتیب شاخص ثابت ماتریس برای ایران خودرو  $WII=۶/۶۱۸ \times ۱۰^{۲۲}$  و برای سایپا  $WII=۴/۰۶۵ \times ۱۰^{۲۲}$  محاسبه شده است. در مرحله بعد با استفاده از مقادیر WII به‌دست آمده و رابطه‌های (۳) و (۴) ضرایب تشابه و عدم تشابه به‌دست می‌آید. در این روابط  $U=۶/۶۱۸ \times ۱۰^{۲۲}$  و  $\sum \lambda_{ij}=۲/۵۵۲ \times ۱۰^{۲۲}$  و در نتیجه  $C_d=۰/۳۸$  و  $C_s=۰/۶۲$  هستند. این نتایج حاکی از بالاتر بودن ضریب تشابه میان دو شرکت نسبت به ضریب عدم تشابه است. نتیجه مهم به‌دست آمده دیگر پس از مقایسه دو ماتریس نهایی به‌دست آمده برای هر دو شرکت نشان‌دهنده این مسئله است که مقدار عددی تابع ثابت نهایی ماتریس برای زیرسیستم‌های عوامل مدیریت تأمین و رویکردهای بهبود مستمر در ایران خودرو بیشتر از سایپا است و در نهایت این که مقدار تابع ثابت نهایی (ثابت ماتریس متغیر نهایی) برای شرکت ایران خودرو بیشتر از سایپا است.

### بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش شاخص WII، در دو شرکت ایران خودرو و سایپا به‌دست آمده است. برای این منظور نخست، از متخصصان این دو شرکت و خیرگان دانشگاهی خواسته شد تا روابط میان عوامل کلیدی مؤثر بر پیاده‌سازی WCM را مورد ارزیابی قرار دهند تا بدین وسیله دیاگرام نهایی

سطح‌بندی شده، عوامل مؤثر به‌دست آید. سپس در ادامه و با استفاده از پرسشنامه دوم از متخصصان هر یک از شرکت‌ها خواسته شد تا میزان عددی وجود هر یک از عوامل کلیدی و رابطه‌ی آنها در شرکت خود را مشخص کنند که در پایان میزان شاخص WII در شرکت ایران خودرو ماتریس  $10 \times 6/618$  و در شرکت سایپا  $10 \times 4/065$  به‌دست آمد. پس از مقایسه دو شرکت ایران خودرو و سایپا مقدار سطح عدم‌تشابه  $0/38$  به‌دست آمد که تقریباً حکایت از تشابه تقریبی دو سازمان دارد. البته ایران خودرو سطح WII بالاتری را دارا می‌باشد که نشان‌دهنده توان بیشتر این سازمان در پیاده‌سازی تولید در کلاس جهانی به نسبت سایپا بوده است. همچنین با مشاهده ماتریس‌های نهایی به‌دست آمده برای دو شرکت می‌توان نتایج جزئی‌تری نیز به‌دست آورد که می‌توان به برتری نسبی ایران خودرو در دو عامل مدیریت تأمین و رویکردهای بهبود مستمر نسبت به سایپا اشاره کرد. البته سایپا نیز در عامل خلاقیت و نوآوری محصول برتری داشته است. به‌طور کلی، براساس نتایج به‌دست آمده واضح است که مقادیر عوامل کلیدی از حد ایده‌آل (موقعی که اندازه معیارها در شرکت همگی مقدار نه بگیرد؛ یعنی در ماتریس متغیر نهایی هر کدام از عوامل اصلی عناصر قطر اصلی همگی نه باشند) فاصله تقریباً زیادی دارند و باید در راستای افزایش سطح عوامل کلیدی تعهد مدیریت، مسائل مربوط به کیفیت، رضایت‌مندی مشتریان محصولات و خدمات، مدیریت زنجیره تأمین، رویکردهای مربوط به بهبود مستمر، خلاقیت و انعطاف‌پذیری در عملیات و تأسیسات و تکنولوژی اهتمام بیشتری ورزید. به‌عنوان پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آینده می‌توان مقادیر فرضی بهترین (همگی عناصر قطر اصلی ماتریس متغیر نهایی هر عامل اصلی نه باشد) و بدترین (همگی عناصر قطر اصلی ماتریس متغیر نهایی هر عامل اصلی یک باشد) مقادیر WII را به‌عنوان حداقل و حداکثر به‌دست آورد. با به‌دست آوردن حداقل و حداکثر مقادیر، محدوده قابل قبول شاخص پیاده‌سازی WCM به‌دست آمده و سازمان‌هایی که در حال اجرا و بهره‌برداری از سیستم تولید در کلاس جهانی خود هستند، می‌توانند شاخص مربوط به سازمان خود را با این محدوده مورد مقایسه قرار دهند. همچنین می‌توان رویکرد بالا را به‌صورت فازی بررسی کرد تا ارزیابی دقیق‌تری صورت گیرد.

### منابع

- Azzone, G., Masella, C. & Bertele, U. (1991). Design of performance measures for time-based companies. *International Journal of Operations & Production Management*, 11(3), 77-85.
- Agarwal, A., Shankar, R., Tiwari, M.K. (2007). Modeling agility of supply chain. *Industrial Marketing Management*, 36(4), 443-457.



- Eid, R. (2009). Factors affecting the success of world class manufacturing implementation in less developed countries: the case of Egypt. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(7), 989–1008.
- Faisal MN., Banwet DK., Shankar R.(2007); “Quantification of Risk Mitigation Environment of Supply Chains Using Graph Theory and Matrix Methods”, *European J. Industrial Engineering*, Vol. 1, No. 1, pp. 29-39.
- Green, K.W. Jr, & Inman, R.A. (2005). Does implementation of a JIT-with-customers strategy change an organization’s structure? *Industrial Management & Data Systems*, 106(8), 1077-94.
- Grover, S., Agrawal, V.P., Khan, I.A. (2004). Role of human factors in TQM: a graph theoretic approach. *Benchmarking: An International Journal*, 42(19), 4031–4053.
- Huang, J., Tzeng, G., Ong, Ch. (2005). Multidimensional data in multidimensional scaling using the analytic network process. *Pattern Recognition Letters*, 26, 755-767
- Jitesh Thakkar, Arun Kanda, S.G. Deshmukh, (2008). Evaluation of buyer-supplier relationships using an integrated mathematical approach of interpretive structural modeling (ISM) and graph theoretic matrix: The case study of Indian automotive SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(1), 92–124.
- Kannan, G., Haq, A.N., Sasikumar, P., Arunachalam, S. (2008). Analysis and selection of green suppliers using interpretative structural modeling and analytic hierarchy process. *International Journal of Management and Decision Making*, 9(2), 163–82.
- Mandal, A., Deshmukh, S.G. (1994). Vendor selection using interpretive structural modeling (ISM). *International Journal of Operation & Production Management*, 14(6), 52-59.
- Maskell, B., (1989). Performance measurement for world class manufacturing: part 3. *Manufacturing Systems*, 7(9), 36-41.
- Narayan, V.K. (2001). *Managing Technology and Innovation for Competitive Advantage*. Pearson Education.
- Pandey, V.C. & Garg, S. (2009). Analysis of interaction among the enablers of agility in supply chain. *Journal of Advances in Management Research (JAMR)*, 6(1), 99-114.
- Rao, R.V. (2006). A decision-making framework model for evaluating flexible manufacturing systems using digraph and matrix methods. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 30(11-12), 1101-1110.

- Rao, R.V., Padmanabhan, K.K. (2007). Rapid prototyping process selection using graph theory and matrix approach. *Journal of Materials Processing Technology*, 194(1-3), 81-88.
- Reed, R. (1991). CIM and world class performance—are they really compatible? *P & IM Review*, 32-3.
- Safaei Ghadikolaie, A., Baboli, A.M., Elyasi, Z., Akbarzadeh, Z. (2011). Comparison of comparative world-class manufacturing in the Iranian and Indian automotive industries whit PVA algorithm (Case study: Irankhodro company). *European Journal of Scientific Research*, 61(2), 273-281.
- Sangwan K.S. & Digalwar, A.K. (2008). Evaluation of world-class manufacturing systems:a case of Indian automotive industries. *International Journal of Services and Operations Management*, 4(6), 687-708.
- Schlotterbeck, D. (1989). World class manufacturing proves first-class success. *Manufacturing Systems*, pp. 66-9.
- Sinclair, D. & Zairi, M. (2001). An empirical study of key elements of total quality based measurement systems: a case study approach in the service industry sector. *Total Quality Management*, 12(4), 535-50.
- Sohal, A.S. & Terziovski, M. (2000). TQM in Australian manufacturing: factor critical to success. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 17(2), 158-68.
- Stalk, G. & Hout, T. (1990). Redesign your organization for time-based management. *Planning Review*, 18(1), 4-9.
- Svensson, M. & Klefsjo, B. (2000). Experiences from creating a quality culture for continuous improvements in Swedish School sector by using self-assessments. *Total Quality Management*, 11(4&6), 800-7.
- Tilak, Raj, Ravi Shankar, Mohammed Suhaib (2010). GTA-based framework for evaluating the feasibility of transition to FMS. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21(2), 160-187.
- Valovic, T. (1992). Can high-speed networks help US companies regain a competitive edge? *Telecommunications*, 26(6), 25-8.
- Varinder Singh, V.P. Agrawal, (2008). Structural modelling and integrative analysis of manufacturing systems using graph theoretic approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(7), 844-870.
- Weimer, G., Knill, B., Manji, J. and Beckert, B.(1992). Integrated manufacturing compressing time-to-market today's competitive edge. *Industrial Management*, 47(4), IM2-IM16.