

اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال ۲۸، شماره ۱۱۲، زمستان ۱۳۹۹

DOI: 10.30490/AEAD.2021.334569.1167

تدوین الگوی درونی ابعاد انعطاف‌پذیری تولید در صنایع غذایی بر اساس روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری

یوسف شمسی^۱، هوشنگ تقی‌زاده^۲، سلیمان ایران‌زاده^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۸

چکیده

بنا به توافق عمومی در ادبیات موضوع، «انعطاف‌پذیری» تولید مفهومی چندبعدی است، که این ابعاد می‌توانند روابط درونی با یکدیگر داشته باشند و منجر به انعطاف‌پذیری بیشتر تولید شوند. بر همین اساس، مطالعه حاضر، با هدف تدوین الگوی درونی ابعاد انعطاف‌پذیری تولید در صنایع غذایی بر اساس روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری (ISM)، از نظر روش، از نوع تحقیقات توصیفی-مدل‌سازی و از منظر هدف، یک تحقیق کاربردی بوده و در آن، ساخت و

۱- دانشجوی دکتری مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران.

۲- نویسنده مسئول و استاد گروه مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران.

(taghizadeh46@yahoo.com)

۳- استاد گروه مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران.

تدوین الگوی درونی ابعاد انعطاف‌پذیری تولید با بهره‌گیری از نظرات بیست تن از خبرگان آشنا به موضوع انعطاف‌پذیری تولید صورت گرفت. داده‌ها در این بخش بر اساس پرسشنامه ویژه روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری جمع‌آوری و برای تحلیل داده‌ها، از روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری استفاده شد. یافته‌های تحقیق نشان داد که الگوی درونی ایجادشده برای ابعاد انعطاف‌پذیری تولید، با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری، به درک تعامل بین ابعاد مختلف مؤثر بر انعطاف‌پذیری و پیامدهای مدیریتی این ابعاد کمک می‌کند؛ در الگوی درونی ایجادشده از طریق مدل‌سازی ساختاری-تفسیری، «انعطاف‌پذیری فرآیند» و «انعطاف‌پذیری نیروی کار» تأثیرگذارترین (هدایت‌کننده‌ترین) ابعاد انعطاف‌پذیری و همچنین، «انعطاف‌پذیری محصول» تأثیرپذیرترین (وابسته‌ترین) بعد انعطاف‌پذیری در صنایع غذایی تلقی می‌شوند؛ افزون بر این، افزایش کارآیی در عوامل تأثیرگذار به بهبود عوامل تأثیرپذیر و در نتیجه، به انعطاف‌پذیری بیشتر در صنایع غذایی می‌انجامد.

کلیدواژه‌ها: انعطاف‌پذیری تولید، مدل‌سازی ساختاری-تفسیری (ISM)، صنایع غذایی.

طبقه‌بندی JEL: Q18, L66

مقدمه

صنایع غذایی با چالش‌های متعدد روبه‌رو هستند، که این چالش‌ها شرکت‌های فعال در این صنعت را وادار می‌کند تا برای حفظ توان رقابتی، بهره‌وری و راهبردهای کیفی خود را بهبود دهند؛ این شرکت‌ها با خرده‌فروشان قدرتمند مواجه‌اند که طیف گسترده‌ای از محصولات با زمان تحویل کوتاه و مکرر همراه با تخفیف و کاهش قیمت را خواستارند (Jain and Lyons, 2009). امروزه، محیط تولید بسیار بی‌ثبات و پیوسته در حال تغییر است؛ همچنین، از ویژگی‌های بارز آن چرخه عمر کوتاه‌تر محصولات و فناوری‌ها، زمان تحویل کوتاه‌تر، افزایش سطح سفارشی‌سازی، افزایش تنوع محصول، کیفیت و نیز تنوع تقاضا و رقابت شدید جهانی است (D'Souza and Williams, 2000; Urtasun-Alonso et al., 2014).

اعتقاد بر این است که چرخه عمر محصولات در صنایع غذایی کوتاه‌تر و بازار این صنعت بی‌ثبات‌تر از سایر صنایع است (Khan et al., 2009). به باور آلفنس و همکاران (Alfnes et al., 2000)، مشتریان صنایع غذایی دیگر آنچه را که همه می‌خواهند، نمی‌خواهند؛ آنها محصولات غذایی ویژه و شخصی را می‌خواهند که نشان از تمایز، فردیت و شخصیت آنهاست.

افزون بر این، با توجه به ویژگی‌های صنایع غذایی مانند آسیب‌پذیری (فاسد شدن) محصولات، شرکت‌های فعال در این صنعت، برای اجتناب از هدر رفتن محصولی که نمی‌توان با انقضای مدت ماندگاری به فروش آن امید داشت، تلاش می‌کنند که تا حد ممکن، از زمان دریافت تا تحویل سفارش بکاهند (Mahalik and Nambiar, 2010; Pauls-Worm et al., 2016). فرآیند وابسته به توالی طولانی^۱ عملیات تولید محصول، زمان طولانی تنظیم بین انواع محصول و همچنین، جداسازی، فرآوری و بسته‌بندی برای اطمینان از کیفیت از دیگر ویژگی‌های صنایع غذایی به‌شمار می‌روند (Dora et al., 2014; Van Weze et al., 2006). این صنعت به‌عنوان یک صنعت فرآیندمحور تلقی می‌شود، زیرا محصولات نهایی آن غالباً ترکیبی از مواد غذایی هستند که عناصر آن را نمی‌توان از هم جدا و دوباره ترکیب کرد (Panwar et al., 2015). صنعت مواد غذایی، به‌عنوان یک صنعت فرآیندمحور، با مخلوط کردن، جداسازی، تشکیل یا واکنش‌های شیمیایی فعالیت می‌کند؛ این عملیات روی مواد اولیه کشاورزی به‌صورت جریان مداوم یا تولید انبوه اعمال می‌شود (Bech et al., 2018). در چنین شرایطی، توانایی یک شرکت در مدیریت این ویژگی‌هاست که می‌تواند بر بازار مصرف آن شرکت اثرگذار باشد (Costa et al., 2018).

بر همین اساس، روش‌ها و ابتکارات پیشرفته مدیریت تولید می‌تواند برای صنعت مواد غذایی ارزشمند باشد. انعطاف‌پذیری تولید^۲ یکی از روش‌هایی است که می‌تواند منجر به بهبود توان رقابتی شرکت‌ها شود (Oke, 2013). انعطاف‌پذیری تولید مشخصه‌ای است که به نظام

1. long sequence-dependent process
2. manufacturing flexibility

تولید ترکیبی اجازه می‌دهد تا بر یک سطح مشخص از تغییرات در نوع محصول، بدون ایجاد اختلال در فرآیند تولید بر اثر تغییر بین محصولات مختلف، غلبه کند. انعطاف‌پذیری تعیین‌کننده توانایی تطبیق با دامنه‌ای گسترده از شرایط محیطی ممکن محسوب می‌شود (Pandey et al, 2016).

در پژوهش‌های پیشین، انعطاف‌پذیری از جنبه‌های گوناگون مانند انعطاف‌پذیری ماشین، انعطاف‌پذیری سیستم ماشین ابزار، انعطاف‌پذیری فناوری، انعطاف‌پذیری تولید، انعطاف‌پذیری تحویل و انعطاف‌پذیری حجمی و ... بحث و تحلیل شده است (Kapitanov, 2017). علی‌رغم انجام مطالعات مختلف در حوزه انعطاف‌پذیری تولید (Jain et al., 2013; Beach et al., 2000)، تنها در چند تحقیق، روی ارائه بحث بیشتر و دید کلی‌تر در زمینه انعطاف‌پذیری تولید در صنایع غذایی تمرکز شده است. در حقیقت، بررسی‌های پیشین در ادبیات انعطاف‌پذیری تولید، علی‌رغم اهمیت آن در صنایع غذایی به دلیل آسیب‌پذیری محصولات، زمان تحویل کوتاه و سریع، تغییر سریع ذائقه مشتریان، توالی طولانی عملیات تولید محصول و ... فاقد یک رویکرد منظم در زمینه شناخت روابط بین ابعاد انعطاف‌پذیری تولید و تعیین ابعاد مهم تأثیرگذار در راستای حرکت به سوی انعطاف‌پذیری بیشتر بوده است. از سوی دیگر، به نظر می‌رسد که مدیران صنایع غذایی در داخل کشور شناخت کمی از ابعاد مختلف انعطاف‌پذیری دارند و از این رو، نمی‌توانند تصمیمات مناسب برای به کارگیری و پیاده‌سازی انعطاف‌پذیری اتخاذ کنند. این مسئله باعث می‌شود که میزان هزینه‌های تولید در شرکت‌ها افزایش یابد و شرکت‌ها نتوانند به دلیل عدم انعطاف‌پذیری کافی، از فرصت‌های ایجادشده در محیط بهره‌گیرند، که هم به افزایش قیمت تمام‌شده محصولات و هم به کاهش قدرت و توان رقابتی شرکت‌ها می‌انجامد. بنابراین، افزایش شناخت مدیران از ابعاد انعطاف‌پذیری و روابط بین این ابعاد می‌تواند قدرت تصمیم‌گیری آنها درباره به کارگیری روش‌های انعطاف‌پذیر را افزایش دهد. از این رو، تحقیق

تدوین الگوی درونی ابعاد انعطاف‌پذیری تولید در.....

حاضر به تدوین الگوی درونی ابعاد انعطاف‌پذیری تولید در صنایع غذایی بر اساس روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری^۱ می‌پردازد.

مبانی نظری تحقیق

مفهوم انعطاف‌پذیری تولید

صنایع فرآیندی مانند صنایع غذایی در محیطی فعالیت می‌کنند که با افزایش رقابت و حاشیه سود ناچیز همراه است. بنابراین، باید این صنایع بیش از هر زمان دیگری برای افزایش کارایی و بهره‌وری خود تلاش کنند. انعطاف‌پذیری تولید عبارت است از فرآیند تصمیم‌گیری و پاسخ‌گویی سریع به تغییرات، که امکان مدیریت کارآمد تولید را فراهم می‌کند و می‌تواند به‌طور مستقیم بر بهره‌وری فعالیت‌ها تأثیرگذار باشد. این فرآیند به تخصیص کارآمد منابع، تغییرات تولید در حجم و نوع و توانایی سیستم برای انطباق سریع با تغییرات اشاره دارد (Pinedo, 2016).

در سال‌های اخیر، توجه زیادی به تولید انعطاف‌پذیر شده است (Fogliatto et al., 2012). در ادبیات انعطاف‌پذیری تولید، به جنبه‌های مختلف موضوع مانند تعریف و ابعاد انعطاف‌پذیری تولید (Koste and Malhotra, 1999)، طبقه‌بندی‌ها و تاکسونومی انعطاف‌پذیری، ارزیابی انعطاف‌پذیری و نیز رابطه عدم اطمینان، انعطاف‌پذیری و عملکرد (Brettel et al., 2016) توجه بیشتری شده است. توسعه ادبیات انعطاف‌پذیری تولید به تلاش‌های گروین (Gerwin, 1993) از طریق ایجاد یک مدل مفهومی برمی‌گردد که انعطاف‌پذیری تولید را به‌عنوان یک راهبرد تولید معرفی کرده است. گروین وابستگی متقابل بین عدم قطعیت محیط، راهبرد تولید، انعطاف‌پذیری تولید و عملکرد را در یک ساختار نشان داده، راهبرد تولید را به‌عنوان هسته اصلی این ساختار می‌داند. به باور او، انعطاف‌پذیری تولید هدایت‌کننده اصلی راهبرد تولیدی هر بنگاه است. در همین حال، بنا به تعریف برتل و همکاران (Brettel et al., 2016)، «راهبرد

1. Interpretive Structural Modelling (ISM)

تولید» استفاده مؤثر از نقاط قوت تولید در قالب سلاح رقابتی برای دستیابی به اهداف تجاری و شرکتی است و انعطاف‌پذیری تولید اصلی‌ترین نقطه قوت یک سازمان محسوب می‌شود. انعطاف‌پذیری تولید مفهومی چندبعدی است و هیچ‌گونه توافق عمومی در مورد تعریف آن وجود ندارد (Jain et al., 2013)، چراکه هر شرکتی انعطاف‌پذیری تولید را به شیوه خود درک می‌کند. می‌توان به روش انطباقی یا کنشگرایانه به درکی از انعطاف‌پذیری تولید رسید. راهبرد انطباقی نشان‌دهنده «کاربرد دفاعی یا واکنش‌پذیر» انعطاف‌پذیری برای سازگاری با بی‌ثباتی ناشناخته است و به بی‌ثباتی درونی و بی‌ثباتی بیرونی رویاروی سازمان می‌پردازد (Slack, 1983). از دیدگاه انطباقی، انعطاف‌پذیری تولید را می‌توان «توانایی عمومی برای انطباق یا تغییر» تعریف کرد (Slack, 1983, 1987). استفاده کنشگرایانه از انعطاف‌پذیری به شرکت کمک می‌کند تا با «افزایش انتظارات مشتری» و «افزایش بی‌ثباتی» برای رقبا خود، مزیت رقابتی به دست آورد. این شرایط به سازمان امکان «بازتعریف بی‌ثباتی بازار» یا «تأثیرگذاری بر آنچه مشتریان از یک صنعت خاص انتظار دارند» را می‌دهد (Gerwin, 1993). از دیدگاه کنشگرایانه، همچنین، می‌توان انعطاف‌پذیری را «توانایی نظام‌مند برای مقابله با طیف گسترده تغییرات محیطی» تعریف کرد (Jain et al., 2013). هرچند، از نظر کاربردی، دو راهبرد یادشده با هم متفاوت‌اند، اما هر دو از این نظر که مفهومی مشابه را انتقال می‌دهند، به یکدیگر شباهت دارند، مفهومی حاکی از آنکه انعطاف‌پذیری تولید با قابلیت نظام تولید مبنی بر توجه به عدم ثبات رابطه دارد. از دیدگاه شرکت، انعطاف‌پذیری تولید باید مشتری‌محور باشد و توجه آن به سوی دسترسی مشتری به محصولات با کیفیت باشد، محصولاتی که احتیاجات مشتریان را در زمان نیاز آنها برآورده کند.

بی‌ثباتی محیط و بازار یکی از ویژگی‌های اصلی صنایع غذایی است که در بسیاری از پژوهش‌های مربوط به انعطاف‌پذیری تولید در صنایع غذایی، بدان پرداخته شده است (Accorsi et al., 2019). آلفنس و همکاران (Alfnes et al., 2000)، در پژوهشی با عنوان «الزامات انعطاف‌پذیری در صنایع غذایی و چگونگی پاسخ‌گویی به آنها»، تغییر سریع نیازهای

مصرف‌کنندگان، درخواست‌های شخصی و منحصر به فرد و رقابت بین شرکت‌ها را از دلایل نیاز به انعطاف‌پذیری می‌دانند. خان و همکاران (Khan et al., 2009)، در تحقیقی با عنوان «تجزیه و تحلیل انعطاف‌پذیری در صنعت فرآوری مواد غذایی»، یکی از دلایل نیاز به انعطاف‌پذیری تولید را عدم ثبات در تقاضای محصولات غذایی و تغییر سریع ذائقه مشتریان برمی‌شمرند. به باور بیچ و همکاران (Bech et al., 2018)، تغییرپذیری نظام‌های تولیدی در صنایع غذایی حاصل تغییر در نیازهای مشتریان است. اکورسی و همکاران (Accorsi et al., 2019)، با بررسی کاربرد ربات‌های مشارکتی در صنایع غذایی، به گونه‌ای ضمنی، بدین نکته پرداخته‌اند که دلیل اصلی نیاز به انعطاف‌پذیری از طریق استفاده از ربات‌های مشارکتی، رقابت زیاد بین تولیدکنندگان صنایع غذایی و مراقبت از محصولات طی فرآیند تولید، بسته‌بندی و ذخیره‌سازی برای پاسخ‌گویی سریع به مشتریان است.

تلاش‌های متعدد در صنایع مختلف در خصوص انعطاف‌پذیری تولید صورت گرفته، اما همچنان تعاریف مختلف نیز در این زمینه ارائه شده است (D'Souza and Williams 2000; Fitzgerald et al. 2009)، که این تعاریف در یکی از دسته‌بندی‌های تطبیقی یا کنش‌گرایانه یا ترکیبی از این دو قرار می‌گیرند. رایج‌ترین خلاصه این تعاریف در منابع مختلف توسط جین و همکاران (Jain et al., 2013) در قالب جدول ۱ آمده است. بحث‌های پیش‌گفته و تعاریف گوناگون خلاصه‌شده در این جدول به روشنی نشان می‌دهد که انعطاف‌پذیری تولید به توانایی نظام تولیدی برای واکنش مؤثر و کارآمد به عدم ثبات محیطی (داخلی و خارجی) اشاره می‌کند، به گونه‌ای که قادر به تولید کالاهای سفارشی با کیفیت بالا و قیمت مناسب شود. اثربخشی نشان‌دهنده توانایی نظام تولید برای برآورده کردن الزامات تنوع محصول با کیفیت و کمیت مناسب و در زمان مناسب است، در حالی که بازده نشان‌دهنده این است که باید از تمام منابع این نظام به طور مطلوب استفاده شود.

جدول ۱- تعاریف انعطاف پذیری تولید

• توانایی عملکرد تولید برای ایجاد تغییرات لازم به منظور واکنش به تغییرات محیطی بدون خسارت قابل توجه به عملکرد شرکت. چنین تنظیماتی معمولاً در دامنه خروجی و یا واکنش به تغییر قرار دارند.
• توانایی عملکرد تولید برای واکنش به تغییرات در محیط بدون خسارت قابل توجه به عملکرد.
• توانایی عملکرد نظام تولیدی برای واکنش به تغییرات و عدم ثبات مربوط به فرآیندهای تولید.
• توانایی نظام تولیدی برای واکنش مقرون به صرفه و سریع برای نیازها و الزامات محصول در حال تغییر.
• توانایی اجرای تغییرات در محیط عملیاتی داخلی در زمان مناسب با هزینه معقول در واکنش به تغییرات در شرایط بازار.
• توانایی نظام تولید برای انطباق سریع با هرگونه تغییر در عوامل مربوط مانند محصول، فرآیند، میزان تولید و نقص دستگاه.
• توانایی نظام تولید برای مقابله با شرایط در حال تغییر یا بی ثباتی ناشی از محیط.
• توانایی تنظیم مجدد منابع تولیدی، به گونه‌ای که بتوان محصولات متنوع پربازده با کیفیت قابل قبول تولید کرد.
• سرعت و سهولت در برنامه‌هایی که قادر به واکنش به تغییرات شرایط بازار هستند.
• توانایی شرکت برای تغییر اولویت‌های رقابتی یا کسب و کار خود.
• توانایی شرکت‌ها برای تغییر موقعیت خود در بازار، تغییر برنامه‌های رقابتی خود یا از بین بردن راهبردهای فعلی، زمانی که از نظر مشتریان، خدمات آنها به همان اندازه سابق جذاب نیستند.
• توانایی تغییر یا واکنش با توان کمتر در «زمان»، «تلاش»، «هزینه» یا «عملکرد».
• توانایی واکنش‌پذیری به‌طور مؤثر در شرایط در حال تغییر.
• توانایی پیش‌بینی تغییرات عمدی، واکنش پیوسته به تغییرات پیش‌بینی نشده و انطباق با پیامدهای غیرقابل پیش‌بینی شده تغییرات مورد انتظار.
• مالکیت فناوری که به‌عنوان وسیله دفاعی در مقابل تنوع محیطی عمل می‌کند.

مأخذ: جین و همکاران (Jain et al., 2013)

ابعاد انعطاف‌پذیری تولید و روابط بین آنها

ارتباط بین ابعاد مختلف انعطاف‌پذیری به‌صورت ضمنی در تحقیقات مختلف مورد توجه قرار گرفته است. به عقیده اُبروی و همکاران (Oberoi et al., 2008)، درک ابعاد تشکیل‌دهنده انعطاف‌پذیری تولید و روابط متقابل آنها برای سازمان‌هایی که قدرت رقابت آنها به تولید انعطاف‌پذیر بستگی دارد، بسیار مهم است. در این بین، برداشت‌های مختلف مدیریتی

از ابعاد انعطاف‌پذیری تولید وابسته به عملکرد سازمان و کارکردهای گوناگون هر کدام از ابعاد انعطاف‌پذیری تولید برای سازمان است (Oberoi et al., 2008). در مباحث انعطاف‌پذیری تولید، محققان مختلف به ابعاد انعطاف‌پذیری تولید پرداخته و هر کدام از آنها ابعادی را برای انعطاف‌پذیری تولید مشخص کرده‌اند. گاثوال و راج (Gothwal and Raj, 2017)، به گونه‌ای ضمنی، انعطاف‌پذیری نیروی کار^۱، انعطاف‌پذیری ماشین^۲ و انعطاف‌پذیری مسیریابی^۳ را سه بعد اصلی انعطاف‌پذیری می‌دانند که بر سایر ابعاد آن در سطوح مختلف تولید اثر مثبت دارند. این سه بعد، ضمن اینکه ارتباط دوطرفه با یکدیگر دارند، می‌توانند بر انعطاف‌پذیری ظرفیت^۴ و انعطاف‌پذیری حمل‌ونقل مواد^۵ تأثیر مستقیم داشته باشند. انعطاف‌پذیری نیروی کار به توانایی انجام چند مهارت توسط کارکنان اشاره دارد که در کنار انواع ماشین، می‌تواند برای تولید یک محصول در نظام تولید مورد استفاده قرار گیرد. کاپیتانوف (Kapitanov, 2017) ابعاد انعطاف‌پذیری تولید را شامل انعطاف‌پذیری ظرفیت، انعطاف‌پذیری گسترش^۶، انعطاف‌پذیری مسیریابی، انعطاف‌پذیری عملیات^۷ و انعطاف‌پذیری محصول^۸ دانسته و یک مدل مفهومی در دو سطح ارائه کرده است که در سطح پایین، سه بعد انعطاف‌پذیری شامل انعطاف‌پذیری توسعه، ظرفیت و مسیریابی قرار دارند؛ در این سطح، انعطاف‌پذیری توسعه و ظرفیت در سطح پایین نظام تولید از انعطاف‌پذیری مسیریابی تأثیر می‌گیرند که وظیفه آن توزیع مواد بین ماشین‌ها و ایستگاه‌های کاری برای تولید محصول است و در سطح بالاتر، از طریق همین انعطاف‌پذیری مسیریابی، بر انعطاف‌پذیری فرآیند^۹، عملیات و محصول اثر می‌گذارند. کومار و همکاران

1. labour flexibility
2. machine flexibility
3. routing flexibility
4. volume flexibility
5. material handling flexibility
6. expansion flexibility
7. operation flexibility
8. product flexibility
9. process flexibility

(Kumar et al., 2017)، ضمن نشان دادن ابعاد گوناگون انعطاف پذیری تولید شامل ابعاد انعطاف پذیری ماشین، فرآیند، عملیات، محصول، مسیریابی، ظرفیت، گسترش، حمل و نقل مواد، نیروی کار و نیز انعطاف پذیری برنامه^۱ و انعطاف پذیری بازار^۲، یک هرم از انواع انعطاف پذیری ارائه کرده اند، که به چهار بخش تقسیم شده است: در قاعده هرم، ابعاد چهارگانه انعطاف پذیری ماشین، مسیریابی، حمل و نقل مواد، و نیروی کار وجود دارد که از دیدگاه کومار و همکاران (Kumar et al., 2017)، برای شکل دهی به تولید انعطاف پذیر ضروری است، ولی کافی نیست؛ در رأس این هرم نیز ابعاد انعطاف پذیری محصول و بازار قرار دارد؛ و سایر ابعاد انعطاف پذیری «حلقه اتصال» قاعده به رأس هرم به شمار می روند و هدایت کننده فرآیند، عملیات و روش های انعطاف پذیری محسوب می شوند. همچنین، صدیقی و همکاران (Siddiquie et al., 2017)، گرچه به صورت آشکار به ارتباط بین ابعاد انعطاف پذیری اشاره نکرده اند، اما ابعاد انعطاف پذیری بازار، نیروی کار و ماشین را اصلی ترین عوامل مؤثر بر انعطاف پذیری تولید می دانند و بر این باورند که مهم ترین محرک گرایش سازمان ها به انعطاف پذیری تولید پاسخ سریع به نیازهای مشتریان در بازار و نیز جلب رضایت آنهاست که زیر عنوان انعطاف پذیری بازار طبقه بندی می شود. به دیگر سخن، انعطاف پذیری بازار می تواند بر سایر ابعاد انعطاف پذیری و گرایش سازمان ها به انعطاف پذیری تأثیر داشته باشد. جین و همکاران (Jain et al., 2013)، در یک بررسی نظام مند، با برشمردن ابعاد انعطاف پذیری ماشین، عملیات، مسیریابی، ظرفیت، گسترش، فرآیند، محصول، تولید، حمل و نقل مواد، برنامه، بازار و نیروی کار، ابعاد انعطاف پذیری تولید را در سه سطح طبقه بندی کرده اند: سطح اول مؤلفه های اساسی انعطاف پذیری است که به عنوان ستون های ساختمانی برای انعطاف پذیری تولید ضروری محسوب می شوند؛ از دیدگاه جین و همکاران (Jain et al., 2013)، ابعاد سه گانه انعطاف پذیری ماشین، حمل و نقل مواد و عملیات در این سطح قرار می گیرند. در سطح

1. programme flexibility
2. market flexibility

دوم به‌عنوان سطح انعطاف‌پذیری نظام تولید، ابعاد انعطاف‌پذیری ظرفیت، گسترش، مسیریابی و فرآیند قرار گرفته‌اند؛ این سطح به‌عنوان نتایج سطح مؤلفه‌های اساسی تلقی می‌شود و به دیگر سخن، انواع انعطاف‌پذیری در سطح دوم همان خروجی سطح اول است. در نهایت سطح سوم به‌عنوان سطح انعطاف‌پذیری کل، نتیجه انعطاف‌پذیری در سطح نظام تولید است؛ ابعاد انعطاف‌پذیری برنامه، محصول، تولید و بازار از جمله انواع انعطاف‌پذیری در این سطح قلمداد می‌شوند. سطوح سه‌گانه یادشده در امتداد هم قرار دارند که خروجی هر سطح، ورودی سطح بعدی را تشکیل می‌دهد. او که (Oke, 2013) سه نوع انعطاف‌پذیری شامل انعطاف‌پذیری ظرفیت، نیروی کار و محصول را معرفی و ارتباطات آنها را بررسی کرده و بر اساس بررسی ادبیات تحقیق، انعطاف‌پذیری ظرفیت را اصلی‌ترین مؤلفه انعطاف‌پذیری تولید معرفی کرده است که به سازمان‌ها کمک می‌کند تا دیگر ابعاد انعطاف‌پذیری را به کار گیرند. همچنین، به باور وی، توانایی تولید در ظرفیت‌های مختلف تقاضا گام اصلی در افزایش توان رقابتی بوده و ضروری است که به‌عنوان عامل مرتبه اول در انعطاف‌پذیری تولید مورد توجه قرار گیرد؛ عامل مرتبه دوم انعطاف‌پذیری نیروی کار است که کمک خواهد کرد تا ظرفیت تولیدی در راستای تولید محصول بهتر و مناسب بازار ایجاد شود؛ و در نهایت، در مرتبه سوم، انعطاف‌پذیری محصول قرار دارد که به تولید محصولات جدید نظام تولیدی اشاره دارد. ابروی و همکاران (Oberoi et al., 2008) انعطاف‌پذیری تولید را شامل انعطاف‌پذیری اصلاح و انعطاف‌پذیری تحویل می‌دانند. ستهی و ستهی (Sethi and Sethi, 1990) انعطاف‌پذیری محصول را عامل اصلی می‌دانند، که می‌تواند بر سایر ابعاد انعطاف‌پذیری تولید مانند ظرفیت، فرآیند و بازار اثرگذار باشد.

بررسی روابط بین ابعاد انعطاف‌پذیری تولید نشان می‌دهد که در مطالعات پیش‌گفته، هیچ‌گونه توافقی روی روابط حاکم بر ابعاد انعطاف‌پذیری تولید وجود ندارد و محققان، براساس تحلیل‌های خود، روابط بین ابعاد انعطاف‌پذیری تولید را مشخص کرده‌اند. ابعاد انعطاف‌پذیری تولید از نگاه محققان مختلف در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- ابعاد انعطاف پذیری تولید و تعاریف آنها

محققان	تعاریف	ابعاد انعطاف پذیری
Siddiquie et al., 2017	انواع مختلف عملیاتی که یک ماشین می تواند انجام دهد	انعطاف پذیری ماشین
Kumar et al., 2017	توانایی تولید یک محصول به روش های مختلف	انعطاف پذیری عملیات
Kumar et al., 2017	مسیرهای مختلف بین ماشین ها و ایستگاه های کاری که می تواند برای تولید یک محصول در نظام تولید مورد استفاده قرار گیرد	انعطاف پذیری مسیریابی
Kumar et al., 2017	توانایی تولید در ظرفیت های مختلف تقاضا برای افزایش سودآوری	انعطاف پذیری ظرفیت
Kumar et al., 2017; Jain et al., 2013	توانایی ایجاد ظرفیت جدید در نظام تولیدی و توسعه آن در صورت نیاز	انعطاف پذیری گسترش [توسعه]
Jain et al., 2013	مجموعه محصولاتی که نظام تولید می تواند با مواد مختلف و روش های مختلف تولید کند	انعطاف پذیری فرآیند
Browne et al., 1984	توانایی اضافه کردن محصولات جدید به نظام تولید	انعطاف پذیری محصول
Sethi and Sethi, 1990	تعداد محصولاتی که یک نظام تولید بدون نیاز به سرمایه گذاری جدید می تواند تولید کند	انعطاف پذیری تولید
Sethi and Sethi, 1990	توانایی جابه جایی مواد خام در بین ماشین آلات و تجهیزات تولیدی	انعطاف پذیری حمل و نقل مواد
Sethi and Sethi, 1990	توانایی نظام تولید برای ادامه کار بدون نظارت و مطابق با برنامه	انعطاف پذیری برنامه
Kumar et al., 2017	انطباق و سازگاری سریع نظام تولیدی با محیط متغیر بازار و نیازهای جدید	انعطاف پذیری بازار
Kumar et al., 2017	توانایی انجام چند مهارت توسط کارکنان/ اپراتورها/ منابع انسانی و ... بدون کاهش کارایی	انعطاف پذیری نیروی کار

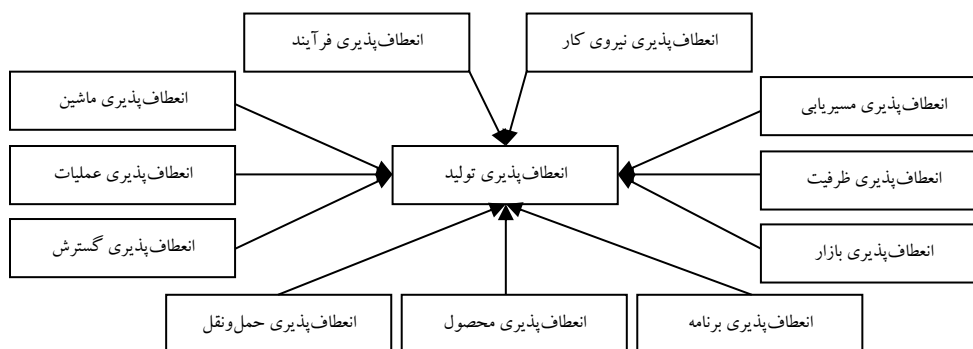
مأخذ: یافته های پژوهش

از آنجا که بیشتر شرکت ها و صنایع غذایی، با برخورداری از محصولات متنوع، می توانند به بخشی از فرآیند تولید محصولات هم خانواده به صورت مشترک بپردازند و باعث سرعت بالای تولید شوند، شناخت ابعاد مختلف انعطاف پذیری می تواند برای افزایش انعطاف پذیری تولید، به شرکت ها کمک کند. برای نمونه، انعطاف پذیری ماشین معطوف بدین

تدوین الگوی درونی ابعاد انعطاف‌پذیری تولید در.....

نکته است که یک دستگاه می‌تواند چند نوع عملیات را روی محصولات انجام دهد؛ یا انعطاف‌پذیری مسیریابی بر این موضوع متمرکز است که با توجه به تنوع تولید در نظام تولید، باید یک نظام تولید قادر باشد که برای تولید یک محصول، مسیرهای جایگزین و مختلف بین ماشین‌ها و ایستگاه‌های کاری داشته باشد تا در صورت بروز نقص در یک مسیر، به سرعت مسیر جایگزین تولید محصول مشخص شود و تولید محصول بدون وقفه در مسیر جدید ادامه یابد.

با توجه به نتایج بررسی ادبیات تحقیق، توافقی در بین محققان مبنی بر وجود روابط درونی بین ابعاد انعطاف‌پذیری به‌ویژه در صنایع غذایی وجود ندارد و همچنان تلاش محققان معطوف به تدوین الگوی درونی ابعاد انعطاف‌پذیری تولید در صنایع غذایی است؛ از این‌رو، در پژوهش حاضر، یک مدل اولیه و مفهومی با محوریت انعطاف‌پذیری تولید و با تأکید بر ابعاد انعطاف‌پذیری به صورت شکل ۱ تدوین شده است.



شکل ۱- مدل مفهومی و اولیه تحقیق

روش پژوهش

تحقیق حاضر، به لحاظ هدف، از نوع کاربردی- توسعه‌ای بوده و روش آن توصیفی- پیمایشی است. از نظر زمانی، پژوهش به صورت مقطعی و در نیمه دوم سال ۱۳۹۸ انجام گرفته است. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه خبرگان آشنا به موضوع انعطاف‌پذیری تولید شامل مدیران تولید و مدیران عامل شرکت‌های صنایع غذایی در گروه‌های صنعتی کنسرو، لبنیات،

خشکبار و آرد گندم در استان آذربایجان شرقی و اساتید دانشگاه با رشته تخصصی تولید بوده که از آنها در تبیین روابط درونی بین ابعاد انعطاف پذیری تولید در صنایع غذایی بهره گرفته شده است. تعداد خبرگان این تحقیق بیست نفر در نظر گرفته شده که این تعداد به روش گلوله برفی نمونه گیری شده است.

در تحقیق حاضر، به منظور جمع آوری داده‌ها برای تبیین روابط درونی بین ابعاد انعطاف پذیری تولید در صنایع غذایی، از پرسشنامه مخصوص روش مدل سازی ساختاری-تفسیری استفاده شده است (Gothwal and Raj, 2017). در این پرسشنامه، از خبرگان خواسته شد که با استفاده از حروف V، A، X و O، رابطه بین دو بعد از ابعاد انعطاف پذیری را تعیین کنند. معانی این حروف بدین شرح است: V متغیر i منجر به متغیر j می شود، A متغیر j منجر به متغیر i می شود، X رابطه بین i و j دو طرفه است، و O رابطه ای بین دو متغیر i و j وجود ندارد. در پی، مراحل روش مدل سازی ساختاری-تفسیری تشریح می شود.

مرحله اول: معیارها و یا عناصر مد نظر (ابعاد انعطاف پذیری تولید) مشخص و فهرست می شوند.

مرحله دوم: با استفاده از معیارها و یا متغیرهای شناسایی شده در مرحله اول، با توجه به هر جفت از معیارها، یک رابطه میان آنها توسط هر کدام از خبرگان تعریف می شود. پس از تعریف حروف V، A، X و O برای تعیین روابط بین متغیرها، بر اساس بیشترین فراوانی (مد) هر کدام از حروف در پرسشنامه های خبرگان، تجمیع نظرات صورت می گیرد و ماتریس خودتعاملی ساختاری^۱ ایجاد می شود.

مرحله سوم: ماتریس ساختاری خودتعاملی به یک ماتریس صفر و یک تبدیل می شود که در آن، یک نشان دهنده وجود رابطه بین ابعاد و صفر نشان دهنده عدم وجود رابطه بین ابعاد انعطاف پذیری تولید است. تبدیل ماتریس خودتعاملی ساختاری به یک ماتریس صفر و یک

1. Structural Self-Interaction Matrix (SSIM)

تدوین الگوی درونی ابعاد انعطاف‌پذیری تولید در.....

براساس قوانین زیر انجام می‌گیرد و ماتریس حاصل از این روابط «ماتریس دستیابی اولیه» نامیده می‌شود:

- اگر خانه «i و j» در ماتریس خودتعاملی ساختاری V بگیرد، آنگاه خانه «i و j» در ماتریس دستیابی «یک» و خانه «j و i» «صفر» خواهد شد.
- اگر خانه «i و j» در ماتریس خودتعاملی ساختاری A بگیرد، آنگاه خانه «i و j» در ماتریس دستیابی «صفر» و خانه «j و i» «یک» خواهد شد.
- اگر خانه «i و j» در ماتریس خودتعاملی ساختاری X بگیرد، آنگاه خانه «i و j» در ماتریس دستیابی «یک» و خانه «j و i» نیز «یک» خواهد شد.
- اگر خانه «i و j» در ماتریس خودتعاملی ساختاری O بگیرد، آنگاه خانه «i و j» در ماتریس دستیابی «صفر» و خانه «j و i» نیز «صفر» خواهد شد.

مرحله چهارم: ماتریس دستیابی نهایی برای معیارها با در نظر گرفتن رابطه تسری به دست می‌آید تا ماتریس دستیابی اولیه سازگار شود. البته، قبل از در نظر گرفتن روابط تسری، ماتریس دستیابی اولیه با یک ماتریس هم‌اندازه یک‌ه جمع می‌شود؛ پس از آن، ماتریس به دست آمده به توان $K + 1$ رسانده می‌شود، به گونه‌ای که بتوان به حالت پایدار دست یافت. روابط تسری بدین معنی است که اگر A منجر به B شود و B منجر به C شود، پس A به C هم منجر خواهد شد. این حالت از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$R_f = R_i^k = R_i^{k+1}, K > 1 \quad (1)$$

مرحله پنجم: سطح و اولویت متغیرهای تحقیق تعیین می‌شود؛ و بدین منظور، تعیین مجموعه دستیابی و مجموعه پیش‌نیاز برای هر متغیر صورت می‌گیرد. مجموعه دستیابی هر متغیر شامل متغیرهایی است که از طریق این متغیر می‌توان به آنها رسید؛ و مجموعه پیش‌نیاز شامل متغیرهایی است که از طریق آنها می‌توان بدین متغیر رسید. این کار با استفاده از ماتریس دستیابی نهایی انجام می‌شود. پس از تعیین مجموعه‌های دستیابی و پیش‌نیاز برای هر متغیر، عناصر مشترک در دو مجموعه برای هر متغیر شناسایی می‌شوند. اکنون نوبت تعیین سطح متغیرهاست. در اولین

جدول، متغیری دارای بالاترین سطح است که مجموعه دستیابی و عناصر مشترک آن کاملاً یکسال باشند. پس از تعیین متغیر یا متغیرها دارای بالاترین سطح، این متغیر یا متغیرها از جدول حذف شده و با متغیرهای باقی مانده، جدول بعدی تشکیل می‌شود. در دومین جدول نیز همانند جدول اول، متغیر سطح دوم مشخص می‌شود؛ و این کار تا تعیین سطح همه متغیرها ادامه می‌یابد. مرحله پنجم: بر اساس سطح‌بندی انجام‌شده و روابط تعیین شده در ماتریس دستیابی نهایی، یک گراف جهت‌دار ترسیم و روابط تسری حذف می‌شود.

نتایج و بحث

با توجه به روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری، در مرحله اول، باید معیارها و یا عناصر مشخص شوند. در تحقیق حاضر، بر اساس مروری بر ادبیات تحقیق، متغیرها یا همان ابعاد انعطاف‌پذیری تولید (جدول ۲) همراه با نمادهای هر کدام از این ابعاد در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- متغیرهای تحقیق همراه با نمادهای هر کدام

نمادها	ابعاد انعطاف‌پذیری
FL1	انعطاف‌پذیری ماشین
FL2	انعطاف‌پذیری عملیات
FL3	انعطاف‌پذیری مسیریابی
FL4	انعطاف‌پذیری ظرفیت
FL5	انعطاف‌پذیری گسترش (توسعه)
FL6	انعطاف‌پذیری فرآیند
FL7	انعطاف‌پذیری محصول
FL8	انعطاف‌پذیری تولید
FL9	انعطاف‌پذیری حمل‌ونقل مواد
FL10	انعطاف‌پذیری برنامه
FL11	انعطاف‌پذیری بازار
FL12	انعطاف‌پذیری نیروی کار

مأخذ: یافته‌های پژوهش

تدوین الگوی درونی ابعاد انعطاف‌پذیری تولید در.....

در مرحله دوم روش مدل‌سازی ساختاری- تفسیری، رابطه دو به دو متغیرهای شناسایی شده در گام اول تعیین شده و ماتریس خودتعاملی ساختاری بر اساس بیشترین فراوانی (مد) هر کدام از حروف در پرسشنامه‌های خبرگان به دست آمده است. در مرحله سوم، ماتریس خودتعاملی ساختاری به یک ماتریس صفر و یک تبدیل شده و بدین صورت، ماتریس دستیابی اولیه به دست آمده که در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- ماتریس دستیابی اولیه

	FL1	FL2	FL3	FL4	FL5	FL6	FL7	FL8	FL9	FL10	FL11	FL12
FL1	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
FL2	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
FL3	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
FL4	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
FL5	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
FL6	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
FL7	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
FL8	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰
FL9	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
FL10	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
FL11	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
FL12	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

پس از به دست آوردن ماتریس دستیابی اولیه، برای رسیدن به ماتریس دستیابی نهایی، ابتدا ماتریس دستیابی اولیه با یک ماتریس هم‌اندازه یک‌ه جمع شده و سپس، روابط تسری به دست آمده، که نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است. در این جدول، قطر اصلی بر اساس حاصل جمع با یک ماتریس هم‌اندازه محاسبه شده و ماتریس در توان ۳ به پایداری رسیده است.

جدول ۵- ماتریس دستیابی نهایی

	FL1	FL2	FL3	FL4	FL5	FL6	FL7	FL8	FL9	FL10	FL11	FL12
FL1	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
FL2	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
FL3	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
FL4	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
FL5	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰
FL6	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰
FL7	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
FL8	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰
FL9	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
FL10	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
FL11	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
FL12	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در نهایت، در گام بعدی، سطح‌بندی برای شناسایی سطوح مختلف مدل انجام شده است. برای ایجاد ساختار سطح‌بندی شده از متغیرهای تحقیق، سطح‌بندی بر پایه مجموعه دستیابی، مجموعه پیش‌نیاز و مجموعه مشترک انجام شده، که نتایج آن در جداول ۶ تا ۱۱ آمده است.

تدوین الگوی درونی ابعاد انعطاف پذیری تولید در.....

جدول ۶- مرحله اول تعیین سطح تأثیر

نماد	ابعاد انعطاف پذیری	دستیابی	پیش نیاز	فصل مشترک	خروجی
FL 1	انعطاف پذیری ماشین	FL1, FL4, FL10, FL11	FL1, FL6, FL8, FL12	FL1	-
FL 2	انعطاف پذیر عملیات	FL2, FL3, FL4, FL10, FL11	FL2, FL6, FL8, FL12	FL2	-
FL3	انعطاف پذیری مسیریابی	FL3, FL10, FL11	FL2, FL3, FL5, FL6, FL8, FL12	FL3	-
FL4	انعطاف پذیری ظرفیت	FL4, FL10, FL11	FL1, FL2, FL4, FL6, FL8, FL12	FL4	-
FL5	انعطاف پذیری گسترش [توسعه]	FL3, FL5, FL7, FL10, FL11	FL5	FL5	-
FL6	انعطاف پذیری فرآیند	FL1, FL2, FL3, FL4, FL6, FL7, FL8, FL10, FL11	FL6	FL6	-
FL7	انعطاف پذیری محصول	FL7	FL5, FL6, FL7, FL8, FL12	FL7	FL7
FL8	انعطاف پذیری تولید	FL1, FL2, FL3, FL4, FL7, FL8, FL10, FL11	FL6, FL8, FL12	FL8	
FL9	انعطاف پذیری حمل و نقل مواد	FL9	FL9, FL12	FL9	FL9
FL10	انعطاف پذیری برنامه	FL10	FL1, FL2, FL3, FL4, FL5, FL6, FL8, FL10, FL11, FL12	FL10	FL10
FL11	انعطاف پذیری بازار	FL10, FL11	FL1, FL2, FL3, FL4, FL5, FL6, FL8, FL11, FL12	FL11	-
FL12	انعطاف پذیری نیروی کار	FL1, FL2, FL3, FL4, FL7, FL8, FL9, FL10, FL11, FL12	FL12	FL12	-

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۷- مرحله دوم تعیین سطح تأثیر

نماد	ابعاد انعطاف پذیری	دستیابی	پیش نیاز	فصل مشترک	خروجی
FL1	انعطاف پذیری ماشین	FL1, FL4, FL11	FL1, FL6, FL8, FL12	FL1	-
FL2	انعطاف پذیری عملیات	FL2, FL3, FL4 , FL11	FL2, FL6, FL8, FL12	FL2	-
FL3	انعطاف پذیری مسیریابی	FL3, FL11	FL2, FL3, FL5, FL6, FL8, FL12	FL3	-
FL4	انعطاف پذیری ظرفیت	FL4, FL11	FL1, FL2, FL4, FL6, FL8, FL12	FL4	-
FL5	انعطاف پذیری گسترش [توسعه]	FL3, FL5, FL11,	FL5	FL5	-
FL6	انعطاف پذیری فرآیند	FL1, FL2, FL3, FL4, FL6, FL8, FL11	FL6	FL6	-
FL8	انعطاف پذیری تولید	FL1, FL2, FL3, FL4, FL8, FL11	FL6, FL8, FL12	FL8	-
FL11	انعطاف پذیری بازار	FL11	FL1, FL2, FL3, FL4, FL5, FL6, FL8, FL11, FL12	FL11	FL11
FL12	انعطاف پذیری نیروی کار	FL1, FL2, FL3, FL4, FL8, FL11, FL12	FL12	FL12	-

مأخذ: یافته‌های پژوهش

تدوین الگوی درونی ابعاد انعطاف پذیری تولید در.....

جدول ۸- مرحله سوم تعیین سطح تأثیر

نماد	ابعاد انعطاف پذیری	دستیابی	پیش نیاز	فصل مشترک	خروجی
FL1	انعطاف پذیری ماشین	FL1, FL4	FL1, FL6, FL8, FL12	FL1	-
FL2	انعطاف پذیر عملیات	FL2, FL3, FL4	FL2, FL6, FL8, FL12	FL2	-
FL3	انعطاف پذیری مسیریابی	FL3	FL2, FL3, FL5, FL6, FL8, FL12	FL3	FL3
FL4	انعطاف پذیری ظرفیت	FL4	FL1, FL2, FL4, FL6, FL8, FL12	FL4	FL4
FL5	انعطاف پذیری گسترش [توسعه]	FL3, FL5,	FL5	FL5	-
FL6	انعطاف پذیری فرآیند	FL1, FL2, FL3, FL4, FL6, FL8	FL6	FL6	-
FL8	انعطاف پذیری تولید	FL1, FL2, FL3, FL4, FL8	FL6, FL8, FL12	FL8	-
FL12	انعطاف پذیری نیروی کار	FL1, FL2, FL3, FL4, FL8, FL12	FL12	FL12	-

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۹- مرحله چهارم تعیین سطح تأثیر

نماد	ابعاد انعطاف پذیری	دستیابی	پیش نیاز	فصل مشترک	خروجی
FL1	انعطاف پذیری ماشین	FL1	FL1, FL6, FL8, FL12	FL1	FL1
FL2	انعطاف پذیری عملیات	FL2	FL2, FL6, FL8, FL12	FL2	FL2
FL5	انعطاف پذیری گسترش [توسعه]	FL5,	FL5	FL5	FL5
FL6	انعطاف پذیری فرآیند	FL1, FL2, FL6, FL8	FL6	FL6	-
FL8	انعطاف پذیری تولید	FL1, FL2, FL8	FL6, FL8, FL12	FL8	-
FL12	انعطاف پذیری نیروی کار	FL1, FL2, FL8, FL12	FL12	FL12	-

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۰- مرحله پنجم تعیین سطح تأثیر

خروجی	فصل مشترک	پیش نیاز	دستیابی	ابعاد انعطاف پذیری	نماد
-	FL6	FL6	FL6, FL8	انعطاف پذیری فرآیند	FL6
FL8	FL8	FL6, FL8, FL12	FL8	انعطاف پذیری تولید	FL8
-	FL12	FL12	FL8, FL12	انعطاف پذیری نیروی کار	FL12

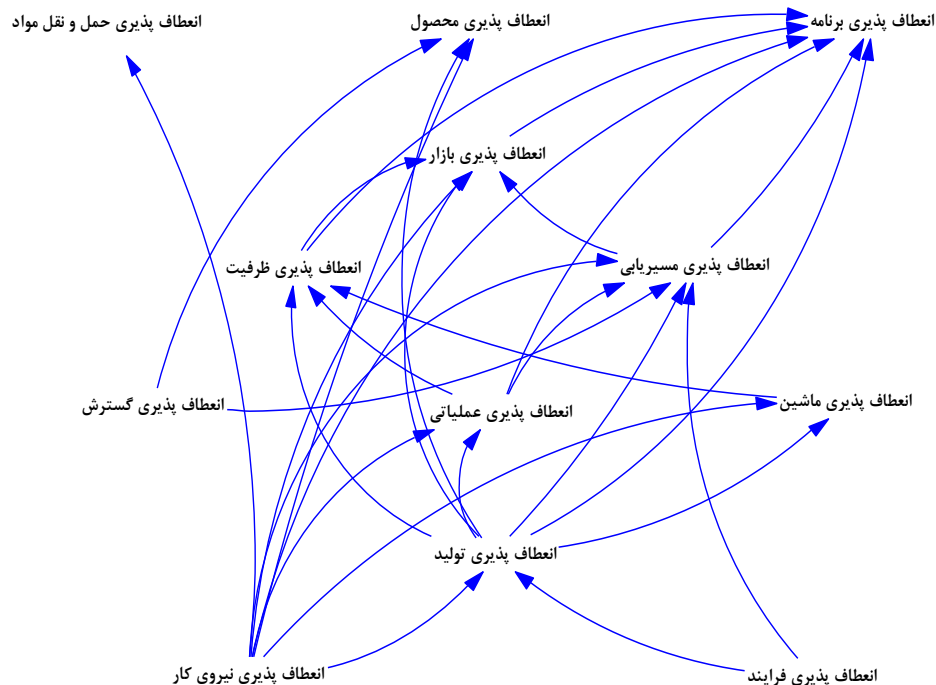
مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۱- مرحله ششم تعیین سطح تأثیر

خروجی	فصل مشترک	پیش نیاز	دستیابی	ابعاد انعطاف پذیری	نماد
FL6	FL6	FL6	FL6	انعطاف پذیری فرآیند	FL6
FL12	FL12	FL12	FL12	انعطاف پذیری نیروی کار	FL12

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج سطح بندی نشان می دهد که ابعاد انعطاف پذیری در صنایع غذایی را می توان در شش سطح مختلف قرار داد: در سطح اول، انعطاف پذیری برنامه، انعطاف پذیری محصول و انعطاف پذیری حمل و نقل مواد قرار می گیرد که تأثیر پذیرترین ابعاد انعطاف پذیری قلمداد می شوند و از سطوح قبلی خود تأثیر می گیرند؛ در سطح دوم، انعطاف پذیری بازار و در سطح سوم، انعطاف پذیری مسیریابی و انعطاف پذیری ظرفیت قرار دارند؛ در سطح چهارم، انعطاف پذیری ماشین، انعطاف پذیری عملیات و انعطاف پذیری گسترش قرار دارند؛ در سطح پنجم، انعطاف پذیری تولید و سرانجام، در سطح ششم، انعطاف پذیری فرآیند و انعطاف پذیری نیروی کار قرار دارند که تأثیر گذارترین ابعاد انعطاف پذیری تولید محسوب می شوند. بر اساس نتایج سطح بندی، نموداری به صورت شکل ۲ برای دستیابی به یک مدل ترسیم شده است. در رسم این نمودار، سطح تأثیر گذاری متغیرها نشان داده شده و از روابط غیرمستقیم اجتناب شده است.



شکل ۲- نتایج سطح‌بندی ابعاد انعطاف‌پذیری تولید

نتایج سطح‌بندی ابعاد انعطاف‌پذیری تولید (شکل ۲) نشان می‌دهد که انعطاف‌پذیری فرآیند و انعطاف‌پذیری نیروی کار در سطح آخر از شدت تأثیرگذاری و قدرت هدایت بیشتری نسبت به سایر ابعاد انعطاف‌پذیری در صنایع غذایی برخوردارند و اساس نظام انعطاف‌پذیری در صنایع غذایی تلقی می‌شوند. هرچه از پایین شکل به سمت بالا حرکت شود، از شدت تأثیرگذاری و قدرت هدایت متغیرها کاسته و بر شدت تأثیرپذیری و وابستگی آنها افزوده می‌شود. روابط به‌دست آمده در شکل ۲ نشان می‌دهد که انعطاف‌پذیری محصول هدف غایی انعطاف‌پذیری محسوب می‌شود که همه تلاش‌های یک نظام تولید در راستای رسیدن به یک محصول انعطاف‌پذیر است. نتایج مطالعه کاپیتانوف (Kapitanov, 2017) نیز نشان داد که تمامی ابعاد انعطاف‌پذیری در راستای دستیابی به انعطاف‌پذیری محصول بوده و از این نظر،

به‌ویژه در سطح اول، با نتایج تحقیق حاضر هم‌سو است. در سطح اول، همچنین، انعطاف‌پذیری برنامه و انعطاف‌پذیری حمل‌ونقل مواد قرار می‌گیرند که تأثیرپذیرترین ابعاد انعطاف‌پذیری قلمداد می‌شوند. به‌دیگر سخن، نتیجه انعطاف‌پذیری در صنایع غذایی، علاوه بر انعطاف‌پذیری محصول، توانایی نظام تولید برای ادامه کار بدون نظارت و مطابق با برنامه و توانایی جابه‌جایی مواد خام در بین ماشین‌آلات و تجهیزات تولیدی است که حاصل سایر ابعاد انعطاف‌پذیری قلمداد می‌شود. در مقابل، در سطح ششم، انعطاف‌پذیری فرآیند و انعطاف‌پذیری نیروی کار قرار دارند که پایه اصلی و ارکان اساسی نظام تولید انعطاف‌پذیر به‌شمار می‌روند. نیروی کار می‌تواند توانمندی لازم را در سایر اجزای نظام تولید ایجاد کند؛ و همچنین، از آنجا که فرآیند تبدیل ورودی به خروجی را در یک نظام تولید به عهده دارد، یک مؤلفه اصلی است که می‌تواند در تمامی اجزای نظام تولید تأثیرگذار باشد. در سطح پنجم، انعطاف‌پذیری تولید قرار گرفته که بر ابعاد انعطاف‌پذیری ماشین، عملیات، مسیریابی و محصول در سطوح بالاتر اثرگذار است. در تحقیق حاضر، انعطاف‌پذیری تولید را می‌توان هسته اصلی انعطاف‌پذیری هم‌نامید، چراکه بر ابعاد زیادی از نظام تولید تأثیر دارد. در سطح چهارم، ابعاد انعطاف‌پذیری ماشین، عملیات و گسترش قرار گرفته‌اند که حلقه ارتباطی انعطاف‌پذیری تلقی می‌شوند؛ به‌جز انعطاف‌پذیری گسترش که مستقل است و اثرپذیری از سایر عوامل ندارد، دو بعد دیگر شامل انعطاف‌پذیری ماشین و عملیات نتیجه انعطاف‌پذیری تولید محسوب می‌شوند، چراکه تولید تعداد زیادی محصول بدون نیاز به سرمایه‌گذاری به توانایی تولید یک محصول به روش‌های مختلف و انواع مختلف عملیاتی که یک ماشین می‌تواند انجام دهد، مربوط است. در سطح سوم، انعطاف‌پذیری مسیریابی و انعطاف‌پذیری ظرفیت قرار گرفته‌اند. این دو نوع انعطاف‌پذیری، هم بر برنامه سازمان و هم بر انعطاف‌پذیری بازار، اثر می‌گذارند. در سطح دوم، انعطاف‌پذیری بازار قرار دارد که می‌تواند بر انعطاف‌پذیری برنامه اثرگذار باشد و در برنامه‌های شرکت برای تولید، انعطاف‌پذیری ایجاد کند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف اصلی مطالعه حاضر تدوین الگوی درونی ابعاد انعطاف‌پذیری تولید بوده که بر انعطاف‌پذیری در نظام‌های تولیدی به گونه‌ای چشمگیر تأثیرگذار است تا مدیریت بتواند به‌طور مؤثر در راستای انعطاف‌پذیر کردن نظام تولیدی صنایع غذایی از آنها استفاده کند. در تحقیق حاضر، از یک مدل مبتنی بر مدل‌سازی ساختاری - تفسیری (ISM) برای نشان دادن روابط درونی بین ابعاد انعطاف‌پذیری از نظر سطح تأثیرگذاری و تأثیرپذیری استفاده شده است. اصلاح و بهبود عوامل دارای قدرت تأثیرگذاری بالاتر در مدل‌سازی ساختاری - تفسیری (برای نمونه، انعطاف‌پذیری فرآیند و انعطاف‌پذیری نیروی کار)، بر اساس اولویت مورد بررسی، ضروری است، زیرا ابعاد دیگر انعطاف‌پذیری نیز از آنها تأثیر می‌پذیرند. به‌منظور افزایش انعطاف‌پذیری تولید در صنایع غذایی، مدیران تولید می‌توانند با دستیابی به بیش‌درست از این عوامل و درک اهمیت نسبی و وابستگی متقابل آنها، بکوشند که بر این عوامل تأثیرگذار بر انعطاف‌پذیری تولید غلبه کنند. روش ISM دیدگاه‌های عملی مدیران تولید در صنایع غذایی را تقویت می‌کند و تصویری واضح از اهمیت ابعاد مختلف انعطاف‌پذیری تولید به تصویر می‌کشد. در این روش، می‌توان عوامل مختلف مؤثر بر انعطاف‌پذیری نظام تولیدی را با حداکثر دقت شناسایی و بررسی کرد.

نتایج سطح‌بندی ابعاد انعطاف‌پذیری نشان داد که در صنایع غذایی، دو بعد اصلی برای دستیابی به انعطاف‌پذیری تولید، انعطاف‌پذیری نیروی کار و فرآیند است. به‌دیگر سخن، مدیران صنایع غذایی، برای دستیابی به انعطاف‌پذیری، باید روی این دو بعد تمرکز بیشتری داشته باشند، چراکه این دو بعد می‌توانند بر سایر ابعاد نیز به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تأثیر داشته باشند. بر اساس مطالعه گاثوال و راج (Gothwal and Raj, 2017) نیز انعطاف‌پذیری نیروی کار می‌تواند محرکی در تولید باشد که بر مشکلات ساختاری و فنی در تولید غلبه کند؛ به‌دیگر سخن، نیروی کار می‌تواند توانمندی لازم را در سایر اجزای نظام تولیدی ایجاد کند. انعطاف‌پذیری نیروی کار به‌ویژه برای کشورهایی اهمیت دارد که از نیروی کار ماهر زیاد ولی

سطح فناوری پایین برخوردارند. در این سطح و موازی با انعطاف پذیری نیروی کار، انعطاف پذیری فرآیند هست که اشاره به توانمندی نظام تولیدی در تولید مجموعه‌ای از محصولات با مواد و روش‌های مختلف دارد؛ و از آنجا که فرآیند تبدیل ورودی به خروجی را در یک نظام تولید به عهده دارد، یک مؤلفه اصلی است که می‌توان در تمامی اجزای نظام تولیدی اثری از آن را دید. بر همین اساس، هرچه انعطاف پذیری در فرآیند بیشتر باشد، می‌تواند به شکل کلی عملکرد نظام تولیدی را بهبود بخشد. در سطح پایین‌تر (سطح پنجم)، انعطاف پذیری تولید قرار دارد که به شکل مستقیم، از انعطاف پذیری نیروی کار و انعطاف پذیری فرآیند تأثیر می‌گیرد. این بعد از انعطاف پذیری لازمه عملکرد رقابتی است. به دیگر سخن، تعداد محصولاتی که یک نظام تولید بدون نیاز به سرمایه گذاری جدید می‌تواند تولید کند، توان رقابتی شرکت‌ها را از منظر تنوع و تعداد تولید افزایش دهد و در نتیجه، می‌تواند از طریق کاهش هزینه‌های ثابت و سربار، بر کاهش بهای تمام شده اثرگذار باشد. انعطاف پذیری تولید در سطوح مختلف بر سایر ابعاد انعطاف پذیری مانند انعطاف پذیری ماشین و عملیات (سطح چهارم)، انعطاف پذیری مسیریابی و ظرفیت (سطح سوم)، انعطاف پذیری بازار (سطح دوم) و انعطاف پذیری برنامه و محصول (سطح اول) تأثیر مستقیم دارد؛ به نوعی، انعطاف پذیری تولید باعث می‌شود که یک ماشین انواع مختلف عملیات را انجام دهد و یک محصول را به روش‌های مختلفی تولید کند. همچنین، به عقیده جین و همکاران (Jain et al., 2013)، انعطاف پذیری تولید، توانایی تولید در ظرفیت‌های مختلف تقاضا را ایجاد می‌کند، که به انعطاف پذیری بیشتر در نظام تولیدی می‌انجامد. تنوع در تولید می‌تواند بخش دیگری از انعطاف پذیری را تحریک کند و آن انعطاف پذیری بازار است که انطباق و سازگاری سریع نظام تولیدی با محیط متغیر بازار و نیازهای جدید را باعث می‌شود. از دیدگاه کومار و همکاران (Kumar et al., 2017)، نتیجه انعطاف پذیری نظام تولیدی، انعطاف پذیری بازار و محصول است. این محققان بر این باورند که تمامی ابعاد انعطاف پذیری باید منتهی به افزایش توانایی نظام تولید در راستای افزایش محصولات جدید بدین نظام و سازگاری سریع آن با محیط متغیر بازار شود.

به‌طور کلی، در ادبیات انعطاف‌پذیری، توافق عمومی روی این موضوع وجود دارد که انعطاف‌پذیری تولید مفهومی چندبعدی است، چراکه از ابعاد مختلف مانند محصول، نیروی کار، فرآیند، عملیات و ... تشکیل شده که در کنار هم قرار دادن این ابعاد، در راسای دستیابی به انعطاف‌پذیری، به‌عنوان یک «مسئله اصلی» برای مدیران صنایع قلمداد می‌شود. توجه هم‌زمان به منابع تولید مانند نیروی کار، مواد اولیه و عملیات و نیز ایجاد تعادل مناسب در آنها یکی از قابلیت‌ها و توانایی‌های اصلی مدیران تلقی می‌شود که به انعطاف‌پذیری بیشتر تولید می‌انجامد. بر پایه استدلالات پژوهش حاضر، ایجاد تعادل مناسب در منابع تولیدی برای دستیابی به انعطاف‌پذیری نیازمند شناخت مناسب از روابط بین این منابع و میزان اهمیت آنهاست، به‌گونه‌ای که ابعاد انعطاف‌پذیری می‌توانند روابط درونی با یکدیگر داشته باشند و منجر به انعطاف‌پذیری بیشتر تولید شوند. در زمینه ابعاد انعطاف‌پذیری، محققان مختلف نگرش‌های گوناگون داشته‌اند و این موضوع مطرح بوده است که ابعاد مختلف انعطاف‌پذیری می‌توانند محرک یکدیگر باشند و باعث ایجاد یک هم‌افزایی در دستیابی به انعطاف‌پذیری شوند. براساس مباحث پیش‌گفته، برای افزایش انعطاف‌پذیری صنایع غذایی، می‌توان پیشنهادهایی کاربردی بدین شرح ارائه کرد:

- در راستای افزایش انعطاف‌پذیری نیروی کار، لازم است که با آموزش مهارت‌های مختلف، تعداد مهارت‌ها و تخصص‌های نیروی کار شاغل در این بخش افزایش یابد. همچنین، از آنجا که بیشتر نیروی کار شاغل در صنایع غذایی نیروی کار فنی است و آشنایی زیادی با مباحث مدیریتی ندارد، می‌توان با ایجاد دوره‌های مدیریتی و توانمندسازی آنها در حوزه منابع انسانی مانند غنی‌سازی شغلی، واگذاری اختیار تصمیم‌گیری و آزادی عمل، انعطاف‌پذیری نیروی کار را افزایش داد.
- در بحث انعطاف‌پذیری فرآیند در صنایع غذایی، شایسته است که از رویکردهای جدید مانند مهندسی مجدد فرآیندها بهره‌گیری شود که البته در بسیاری از صنایع تولیدی نیز برای تحلیل، ارزیابی و بهبود فرآیندهای تولیدی و خدماتی به کار گرفته می‌شود.

- برای افزایش انعطاف پذیری تولید، لازم است که از روش فناوری گروهی بر اساس دو شیوه «تنوع- مقدار» و «تنوع- هزینه» استفاده شود و به کارگیری شیوه تنوع محصولات تولیدی بر اساس تحلیل های کمیته و یا تحلیل های مبتنی بر هزینه صورت گیرد. در نهایت، از آنجا که در تحقیق حاضر، الگوی درونی ابعاد انعطاف پذیری تولید در صنایع غذایی شناسایی شده و این الگو از نظر آماری اعتبارسنجی نشده است، به محققان آتی پیشنهاد می شود که با استفاده از مدل سازی معادلات ساختاری، الگوی به دست آمده را اعتبارسنجی کنند. مدل سازی ساختاری- تفسیری (ISM) ابزاری است که می تواند برای تهیه یک مدل اولیه مفید باشد، در حالی که مدل سازی معادلات ساختاری توانایی آزمون آماری یک الگوی نظری «ارزش توسعه یافته» را داراست.

منابع

1. Accorsi, R., Tufano, A., Gallo, A., Galizia, F.G., Cocchi, G., Ronzoni, M., ... and Manzini, R. (2019). An application of collaborative robots in a food production facility. *Procedia Manufacturing*, 38: 341-348.
2. Alfnes, E., Røstad, C.C. and Strandhagen, J.O. (2000). Flexibility requirements in the food industry and how to meet them. The Fourth International Conference on Chain Management in Agribusiness and the Food Industries. Wageningen, The Netherlands.
3. Beach, R., Muhlemann, A.P., Price, D.H., Paterson, A. and Sharp, J.A. (2000). A review of manufacturing flexibility. *European Journal of Operational Research*, 122(1): 41-57.
4. Bech, S., Brunoe, T.D. and Larsen, J.K. (2018). Changeability of the manufacturing systems in the food industry: a case study. *Procedia CIRP*, 72: 641-646.
5. Brettel, M., Klein, M. and Friederichsen, N. (2016). The relevance of manufacturing flexibility in the context of Industrie 4.0. *Procedia Cirp*, 41(1): 105-110.
6. Browne, J., Dubois, D., Rathmill, K., Sethi, S.P. and Stecke, K.E. (1984). Classification of flexible manufacturing systems. *The FMS Magazine*, 2(2): 114-117.
7. Costa, L.B.M., Godinho Filho, M., Fredendall, L.D. and Paredes, F.J.G. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: a systematic literature review. *Trends in Food Science and Technology*, 82: 122-133.

8. Dora, M., Van Goubergen, D., Kumar, M., Molnar, A. and Gellynck, X. (2014). Application of lean practices in small and medium-sized food enterprises. *British Food Journal*, 116(1): 125-141.
9. D'Souza, D.E. and Williams, F.P. (2000). Toward a taxonomy of manufacturing flexibility dimensions. *Journal of Operations Management*, 18(5): 577-593.
10. Fitzgerald, G., Barad, M., Papazafeiropoulou, A. and Alaa, G. (2009). A framework for analyzing flexibility of generic objects. *International Journal of Production Economics*, 122(1): 329-339.
11. Fogliatto, F.S., Da Silveira, G.J. and Borenstein, D. (2012). The mass customization decade: an updated review of the literature. *International Journal of Production Economics*, 138(1): 14-25.
12. Gerwin, D. (1993). Manufacturing flexibility: a strategic perspective. *Management Science*, 39(4): 395-410.
13. Gothwal, S. and Raj, T. (2017). Analyzing the factors affecting the flexibility in FMS using weighted interpretive structural modeling (WISM) approach. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 8(2): 408-422.
14. Jain, A., Jain, P.K., Chan, F.T. and Singh, S. (2013). A review on manufacturing flexibility. *International Journal of Production Research*, 51(19): 5946-5970.
15. Jain, R. and Lyons, A.C. (2009). The implementation of lean manufacturing in the UK food and drink industry. *International Journal of Services and Operations Management*, 5(4): 548-573.
16. Kapitanov, A.V. (2017). Manufacturing system flexibility control. *Procedia Engineering*, 206: 1470-1475.
17. Khan, J., Rehman, W. and Tahir, M. (2009). Flexibility analysis of a food processing industry. *Nucleus*, 46(3): 311-320.
18. Koste, L.L. and Malhotra, M.K. (1999). A theoretical framework for analyzing the dimensions of manufacturing flexibility. *Journal of Operations Management*, 18(1): 75-93.
19. Kumar, S., Goyal, A. and Singhal, A. (2017). Manufacturing flexibility and its effect on system performance. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 11(2): 105-112.
20. Mahalik, N.P. and Nambiar, A.N. (2010). Trends in food packaging and manufacturing systems and technology. *Trends in Food Science and Technology*, 21(3): 117-128.
21. Oberoi, J.S., Khamba, J.S., and Kiran, R. (2008). An empirical examination of advanced manufacturing technology and sourcing practices in developing manufacturing flexibilities. *International Journal of Services and Operations Management*, 4(6): 652-671.

22. Oke, A. (2013). Linking manufacturing flexibility to innovation performance in manufacturing plants. *International Journal of Production Economics*, 143(2): 242-247.
23. Pandey, R., Sharma, N. and Tomar, A.S. (2016). Performance evaluation of flexible manufacturing system (FMS) in manufacturing industries. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 2(3): 176-180.
24. Panwar, A., Nepal, B.P., Jain, R. and Rathore, A.P.S. (2015). On the adoption of lean manufacturing principles in process industries. *Production Planning and Control*, 26(7): 564-587.
25. Pauls-Worm, K.G., Hendrix, E.M., Alcoba, A.G. and Haijema, R. (2016). Order quantities for perishable inventory control with non-stationary demand and a fill rate constraint. *International Journal of Production Economics*, 181: 238-246.
26. Pinedo, M.L. (2016). *Scheduling: theory, algorithms, and systems*. The fifth Edition. Springer International Publishing AG Switzerland.
27. Sethi, A.K. and Sethi, S.P. (1990). Flexibility in manufacturing: a survey. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 2(4): 289-328.
28. Siddiquie, R.Y., Khan, Z.A. and Siddiquee, A.N. (2017). Prioritizing decision criteria of flexible manufacturing systems using fuzzy TOPSIS. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(7): 913-927.
29. Slack, N. (1983). Flexibility as a manufacturing objective. *International Journal of Operations and Production Management*, 3(3): 4-13.
30. Slack, N. (1987). The flexibility of manufacturing systems. *International Journal of Operations and Production Management*, 7(4): 35-45.
31. Urtasun-Alonso, A., Larraza-Kintana, M., García-Olaverri, C. and Huerta-Arribas, E. (2014). Manufacturing flexibility and advanced human resources management practices. *Production Planning and Control, The Management of Operations*, 25(4): 303-317.
32. Van Wezel, W., Van Donk, D.P. and Gaalman, G. (2006). The planning flexibility bottleneck in food processing industries. *Journal of Operations Management*, 24(3): 287-300.