

ارائه مدل ریاضی برنامه‌ریزی تولید با رویکرد چابکی : مورد مطالعه شرکت ایران خودرو

چکیده

تغییرات پویا در محیط کسب و کار امروزی سازمان‌ها را به اتخاذ مدل جدید تولید به نام تولید چابک وادار نموده است. تولید چابک برخلاف الگوی تولید انبوه و سنتی و با تمرکز بر تولید محصولات بسیار سفارشی زمانی که مشتریان به آنها نیاز دارند صورت می‌گیرد. چابکی در صنایع خودروسازی که از تغییرات و پویائی بالایی برخوردار است به عنوان یک ضرورت مطرح می‌شود. از یک طرف چابکی یک مفهومی فراگیر و چند بعدی بوده و از طرف دیگر مدلی ریاضی برای اندازه‌گیری آن وجود ندارد. بنابراین در این مقاله با یک رویکرد ابداعی کوشش شد با توجه به چهار قابلیت اصلی چابکی پاسخگویی، شایستگی، انعطاف‌پذیری و سرعت، یک مدل ریاضی آرمانی برنامه‌ریزی تولید برای تولید چابک و مقایسه نتایج حاصل از حل مدل با وضعیت واقعی شرکت ایران خودرو ارائه شد است. این مدل با یک رویکرد ابداعی به مدل آرمانی چابکی تبدیل شده است و این مطالعه کمک می‌کند که سازمان با توجه به امکانات خود و استفاده از این مدل ریاضی بتواند به حداکثر چابکی در امر تولید محصول دست پیدا کند.

کلمات کلیدی: انعطاف‌پذیری؛ پاسخگویی؛ چابکی؛ شایستگی؛ سرعت

1. مقدمه

همانطور که بازار تولید اثرات زیادی در جهانی شدن تمام لایه‌های مختلف دارد (دان دنوبل، 2011) افزایش تقاضا برای محصولات جدید و با کیفیت بالا و محصولات بسیار سفارشی با هزینه کم و با حداقل زمان تاخیر برای رسیدن به بازار تمامی اینها به طور اساسی سیستم‌های طراحی تولید را تغییر می‌دهد. این روند نشان می‌دهد تغییر در استراتژی‌های تولید به منظور دستیابی به اصطلاح پارادایم تولید سفارشی است. (کنات، و همکاران 2008) برای انجام این کار، شرکت‌های تولید خواستار سیستم‌های خلاقانه‌تر تولید می‌باشند، که قادر به تولید تغییرات محصولات با بیشترین سرعت ممکن با هزینه‌های کمتر و با کیفیت بالا هستند. (جیووانی، خوزه 2015)

سازمانهای چابک که در یک محیط بسیار پیچیده و پویا به کار گرفته می‌شوند، نیازمند به چالاکی و قابلیت برنامه‌ریزی معماری سازمانی مناسب برای سازگاری با عملیات و انطباق سازمانی هستند. در

واقع، عملیات مستمر و سازگار، به طور کلی وابسته به ارائه قابلیت معماری سازمانی چالاک در نظر گرفته شده است. (گومر، عاصف 2015)

ارزش‌های محیطی در صحنه رقابت بین‌الملل، توانایی خلق مزیت نسبی و رقابتی در محیط پویا و پرتحول صنعت امروزی است. در این رابطه استفاده از سیستم‌های چابک در محصولات و فرآیند تولید مورد تأکید بوده و برای نائل شدن بدان توجه مستمر به کیفیت و نیازهای مشتریان اجتناب‌ناپذیر است. جهان صنعتی به طور شگفت‌انگیزی در حال تغییر و تحول است. در دوران انقلاب صنعتی تقاضای بازار نامحدود فرض می‌شد و رقبای معدودی در یک صنعت خاص فعالیت می‌کردند که حتی نمی‌توانستند تقاضای موجود را نیز برآورده سازند. کارخانه‌ها هر چیزی را که تولید می‌کردند می‌فروختند و سیستم تولید انبوه رایج بود. بنابراین مدیران تولید توجه کمی به برنامه‌ریزی تولید داشتند برنامه‌ریزی تولید با تطبیق دادن ظرفیت با تقاضای پیش‌بینی شده و سفارشات متغیر مشتریان در میان مدت، اغلب از 3 تا 18 ماه سروکار دارد. تغییرات تقاضا و هزینه‌ها در طول زمان به دلیل الگوی فصلی و سایر عوامل باعث ایجاد تعدیلاتی در استفاده از ظرفیت تولیدی می‌شود. برای ایجاد تعدیلات مناسب در استفاده از ظرفیت و پاسخگویی به تقاضا نیاز به اجرای برنامه‌ریزی تولید است (عباسی، حامد 1388).

چابکی در سه شرایط از جمله واکنش‌های استراتژیک، تغییرات فراگیر و سیستم مسلط و برجسته است. چابکی یک واکنش فراگیر و کامل به تغییرات اساسی در سیستم حاکم تجارت رقابتی در اقتصاد برتر است. (بیکخواخیم، یکوب و همکاران 2015)

این دیدگاه خود چابکی را به عنوان یک هدف مشخص می‌سازد دیدگاه دیگری از چابکی یک توانا سازی است یک وسیله برای فراهم کردن قابلیت پاسخگویی به تغییرات بازار (هالگری، واول هاگر (2009)) مفهوم چابکی در سازمان‌ها به کارکرد تولیدی و مفهوم سیستم‌های تولید منعطف باز می‌گردد. تولید چابک را می‌توان ناشی از ویژگی‌هایی دانست که در طول قرن بیستم معرف تولید بودند، از جمله، عقلانیت، استاندارد سازی و حذف عدم قطعیت‌ها حرکت سریع، قابلیت انطباق بالا و قوی است.

در این مقاله با یک دید جدید به پارادیم چابکی نگریسته شده است و با استفاده از چهار مولفه اصلی چابکی که عبارت است از پاسخگویی، شایستگی، انعطاف‌پذیری، و سرعت که از مرور ادبیات استخراج شده و با استفاده از تکنیک‌های تحقیق در عملیات و برنامه‌ریزی آرمانی مدلی برای برنامه‌ریزی تولید که یکی از پیچیده‌ترین مراحل تولید محصول در شرکت‌های بزرگ صنعتی است ارائه شده است. حال مسئله اصلی تحقیق، ارائه مدل ریاضی تولید برای تولید چابک و شناسایی مولفه‌های چابکی در یک

سیستم تولید چابک است که در قالب یک مدل ریاضی که در زمینه چابکی و شناسایی مولفه‌های اصلی موثر بر چابکی در سیستم‌های تولیدی و ارائه یک مدل ریاضی تولید برای تولید چابک و مقایسه نتایج بدست آمده از آن با وضعیت واقعی شرکت ایران خودرو است .

2. مبانی چهارچوب نظری

تغییرات پارادایم تولید و عملیات

به طور کلی می‌توان تغییرات پارادایم تولید و عملیات را در چهار دسته قرار داد: تولید دستی یا مهارتی، تولید انبوه، تولید ناب و نهایتاً تولید چابک که در ادامه به تشریح این چهار پارادایم می‌پردازیم. مشخصه‌های تولید دستی عبارتند از (1- وجود نیروی کاری ماهر 2- وجود سازماندهی بسیار غیرمتمرکز 3- به کارگیری ابزارآلات ماشینی چندکاره 4- حجم بسیار پایین تولید). برخی از مشخصه‌های تولید انبوه عبارتند از (1-نیروی کار ساده 2- تقسیم کار 3- سازماندهی 4- ابزارها؛ ماشین‌آلات مکانیزه؛ خط مونتاژ) برخی از مشخصه‌های تولید ناب عبارتند از (استفاده از JIT؛ تاکید بر پیشگیری از تولید محصول معیوب؛ پاسخ به نیازهای مشتریان؛ کایزن؛ سیستم افقی ارتباطات؛ افزایش ادغام وظایف) اما اندیشه تولیدکننده ناب بر "کمال" است، یعنی نزول پیوسته قیمت‌ها، به صفر رساندن میزان عیوب، به صفر رساندن موجودی و تنوع بی پایان محصول. (فرخی، 1380). و (آذر عادل؛ عباسی حامد 1390)

بنابراین برای اولین بار، در پی نشست بسیاری از متخصصان علمی و اجرایی صنعت، پارادایمی جدید در گزارشی تحت عنوان "راهبرد بنگاه‌های تولیدی در قرن بیست و یکم: دیدگاه متخصصان صنعتی" به وسیله موسسه یاکوکا منتشر و به همگان معرفی شد (نایجل و داو، 1991) بلافاصله پس از آن، عبارت تولید چابک به طور مشترک با انتشار این گزارش مورد استفاده عموم قرار، گرفت (گوناسکاران و همکاران 2001). البته پیش از تهیه این سند راهبردی، دانشگاه لی‌های با حمایت مالی نیروی دریایی ایالات متحده آمریکا و به همراه موسسه یاکوکا مطالعاتی را بر روی 13 سازمان تولیدی بزرگ مانند جنرال موتور، جنرال الکتریک، آی . بی . ام، تگزاس اینستریومنت و ... انجام داده بودند. هدف از مطالعه فوق، پاسخ به این سوال بود که سازمان‌های موفق در سال‌های قرن بیست و یکم دارای چه ویژگی‌هایی خواهند بود. پس از آن، بیش از یکصد سازمان دیگر نیز مورد مطالعه قرار گرفتند و در سال 1991 این نتایج و یافته‌های تحقیقات به صورت یک گزارش در مجله انتشار یافت. بعد ها در سال 1995، نتایج تحقیقات فوق در کتاب استیون گلدمن، نایجل و پریس تحت عنوان "رقبای چابک و سازمان‌های مجازی" منتشر شد.

واژه چابک در فرهنگ لغت، به معنای: حرکت سریع، چالاک، فعال، و چابکی توانایی حرکت به صورت سریع و آسان، و قادر بودن به تفکر به صورت سریع و با یک روش هوشمندانه است. تعریف‌های زیادی برای چابکی ارائه شده است اما هیچ یک، مخالف با یکدیگر نبوده، یکدیگر را نقض نمی‌کنند. به باور شریفی و ژانگ (1999) چابکی به معنای توانایی هر سازمانی برای حسگری، ادراک و پیش‌بینی تغییرات موجود در محیط کاری است. چنین سازمانی باید بتواند تغییرات محیطی را تشخیص داده، به آنها به عنوان عوامل رشد و شکوفایی بنگرد. آنها در جایی دیگر چابکی را توانایی فائق آمدن بر چالش‌های غیرمنتظره برای رویارویی با تهدیدهای بی سابقه محیط کاری و کسب مزیت و سود از تغییرات به عنوان فرصت‌های رشد و پیشرفت تعریف می‌کنند (آذر عادل؛ عباسی حامد 1390)

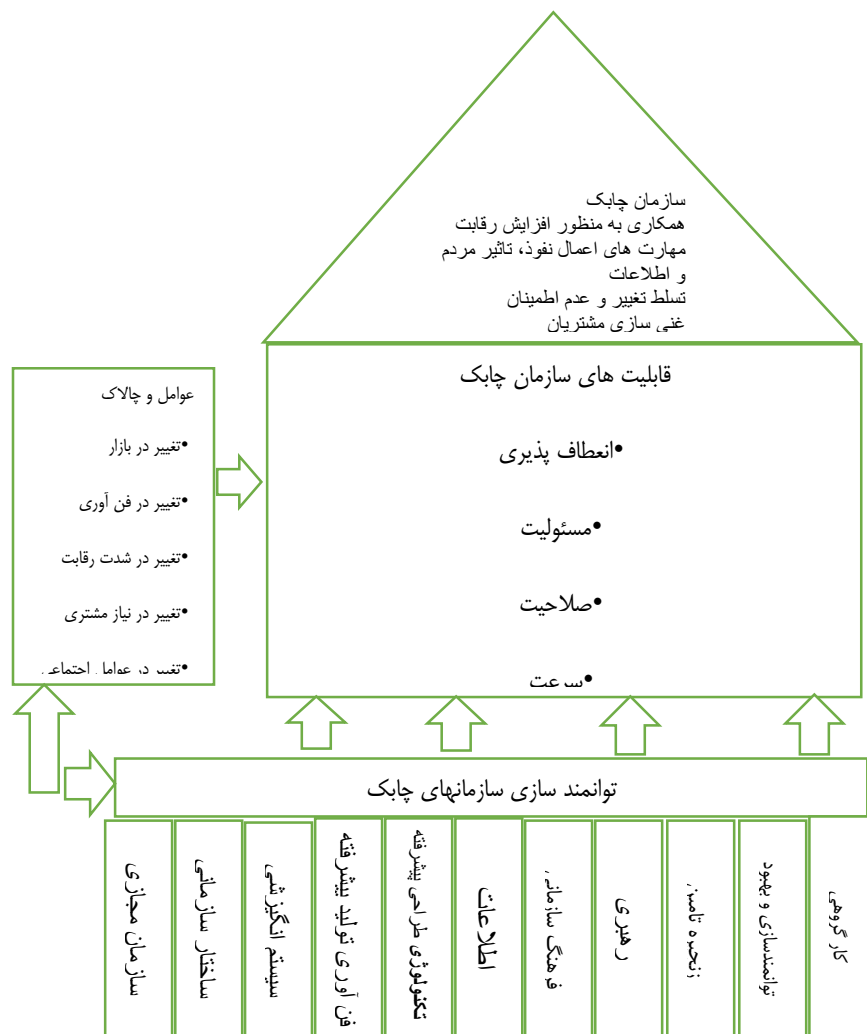
نخست مولفه‌های چابکی که تغییر محیط کسب و کار است، جهت دادن شرکت برای یک موقعیت جدید در حال اجرا کسب و کار خود و برای جستجو یک مزیت رقابتی می‌باشد. (مشایخی، رجب زاده 2009) دوم توانمندسازهای چابکی که سر فصل ضروری توانایی‌های که ارائه شده، قدرت مورد نیاز برای پاسخگویی به تغییرات پیشنهاد شده است.

سوم توانایی‌های یک سازمان چابک وسیله‌های را فراهم می‌کند که قابلیت‌هایی می‌تواند به دست آورد. این قابلیت‌ها قرار است از چهار حوزه عمده (صلاحیت، مسئولیت، انعطاف‌پذیری و سرعت) دنبال شود. در نهایت، سازمان چابک بخش چهارم مربوط به غنی‌سازی تعامل مشتری با ارائه ارزش افزوده می‌باشد که نیاز سازمان به اتخاذ یک رویکرد مبتنی بر راه حل برای بر آوردن نیازهای فردی مشتریان است. (مشایخی، رجب‌زاده 2009)

در نهایت سازمان‌ها چهار فاکتور اساسی دارند: صلاحیت، انعطاف پذیری، پاسخگویی، سرعت. (مشایخی، رجب زاده 2009)

فرایند چابک از طریق تسهیلات منعطف در خواست سریع محصولات جدید: حل سریع مسئله و سیستم‌های اطلاعاتی کامل موجب شکل‌گیری سرعت در پاسخگویی خواهد شد (بسانت و همکارانش 2001)

بر اساس این مدل و برای درک بهتر مفهوم کل از چابکی، و تعیین الزامات چابکی، و ارزیابی موقعیت فعلی خود و تعیین قابلیت‌های چابکی سازمان شکل زیر در نظر گرفته شده است.

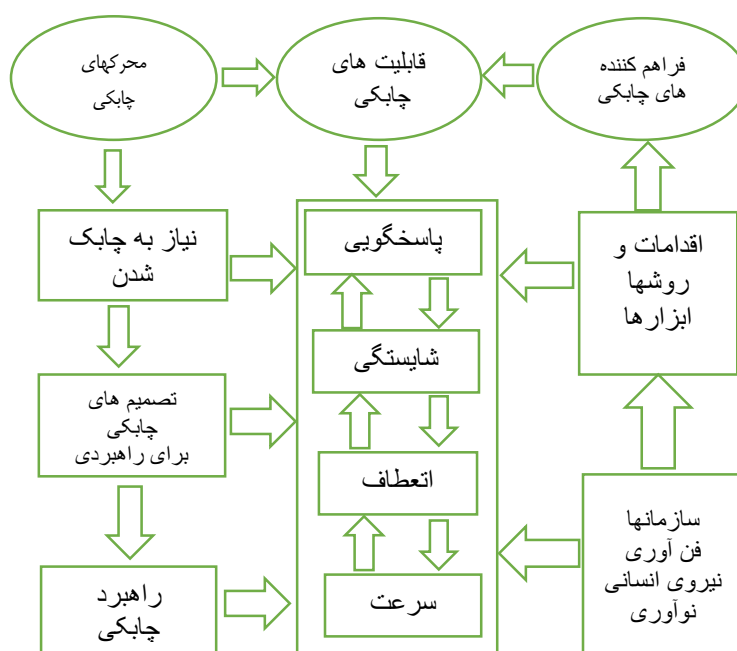


شکل (1) مدل مفهومی قابلیت های چابکی شهائی رجب زاده (2009)

شایستگی: عبارت است از مجموعه وسیعی از توانایی ها که بهروری فعالیت ها را در جهت رسیدن به اهداف سازمان تضمین می کند (پرهارد هابل 2002)

پاسخگویی: عبارت است از توانایی سازمان برای پاسخگویی به تغییرات وعدم اطمینان محیطی به صورت کنشی و واکنشی به عبارت دیگر چابکی سازمان اشاره به نحوه پاسخگویی سازمان دارد (بورجسون وماتیزن 2005)

انعطاف‌پذیری: عبارت است از توانائی سیستم در تعدیل و سازگاری با تغییرات خارجی، در حالی که عملکرد سیستم را به صورت رضایت بخشی حفظ کند (مورلوک و چانگ، 2004). چابکی سازمان در نتیجه انعطاف‌پذیری در محصولات افراد و فرایند می باشد (ایان کیستان و همکارانش 2001).
سرعت: توانایی انجام دادن در کوتاه ترین زمان ممکن؛ (مک گوفی 1999، هیلو 2004، ماکووالایی 1996) سرعت عرضه محصولات و خدمات به بازار به عبارت دیگر قابلیت سرعت سازمان در جهت‌دهی مناسب سازمان به منابع مالی انسانی و فیزیکی برای مواجهه با تغییرات محیطی در کمترین زمان ممکن (گلدمن و همکارانش 1995). در مدل چابکی سازمان کرکیو ویوسف (2003) و مدل لین و همکارانش (2006) سرعت و کاهش زمان خدمت‌دهی به عنوان یکی از ویژگی‌های سازمان‌های چابک نام برده شده است.



مدل چابکی شریفی و ژانگ (2003)

در مدل شریف و ژانگ اول محرک‌های محیطی هستند و در ادامه قابلیت‌های چابکی (پاسخگویی، شایستگی، انعطاف‌پذیری، و سرعت) هستند که سازمان باید آنها را داشته باشد و در آخر با استفاده از فراهم کننده‌ای چابکی (روش‌ها، ابزارها، فن آوری، نیروی انسانی و نوآوری) با توجه به قابلیت‌ها چابکی به سمت چابکی حرکت کند (جعفرنژاد، احمد و شهابی، بهنام (1386))
 همانطور که از شکل هم مشخص است اقدامات، ابزارها و روش‌ها که باید بر مبنای قابلیت‌ها چابکی باشند و این ابزارها و روش‌ها کمک می کند تا سازمان به وسیله آنها به بیشترین چابکی دست پیدا کند و یکی

از این ابزارها برنامه‌ریزی تولید یا مدل ریاضی برنامه‌ریزی تولید است که از ابزارهای است که با توجه به قابلیت‌ها بتواند به چابکی دست پیدا کند.

جدول شماره (1) برنامه ریزی ریاضی

مدل‌های ریاضی	نویسندگان
برنامه‌ریزی تولید بلند مدت (2015)	ششوان، سلمانی؛ مسعود، ستاروند؛ جواد
برنامه‌ریزی نیروی کار ترکیب مهارت‌های (2015)	اریک، مولیتر؛ جورین بلین؛ فلیپ، دیبورکر
تولید چابک برای عوامل یک خط تولید تک با محصولات متعدد (2015)	ولف؛ گایند، و جین
مقایسه برنامه‌ریزی یکپارچه و محلی نزدیک برای شبکه عرضه یک شرکت در سطح جهان پراکنده (2015)	یاووزآکار و همکاران
مدلسازی ریاضی تولید و زیست پالایش از محصولات انرژی (2015)	لیجون ون گال و همکاران
مدلسازی تدارکات ارائه دهندگان خدمات در یک زنجیره تامین غیر مشارکتی (2015)	ارنستو، سانتیپور گونزالست علی دیانی
طراحی شبکه حمل و نقل حمل و نقل با استفاده از ذرات بهینه‌سازی ازدحام در زنجیره تأمین، حمل و نقل فوق‌العاده تعادل کار (2015)	تاداشی، یامادا؛ زوخراف، بپریس
ارائه مدل بهینه‌سازی شبکه یکپارچه لجستیک مستقیم و معکوس در شرایط عدم قطعیت (1393)	محمد مهدی پایدار ابولقاسم یوسفی بابایی اشکان داودی
مدل برنامه‌ریزی غیر خطی عدد صحیح غیر صفر برای اندازه نیروی کار تعمیر و نگهداری (2014)	ایقراوی و اوکی

3. مدل سازی

در این قسمت به ارائه مدل مناسب برای چابکی در سیستم‌های تولیدی پرداخته است لازم به ذکر است که این مدل تمامی ابعاد چابکی را در نظر نمی‌گیرد با توجه به سیستم تولیدی مورد نظر و همچنین اهداف و محدودیت‌های دیگر و اهداف مهمتر و کاربردی تر در مدل گنجانده شده است از بین روش موجود روش تحقیق در عملیات و از بین آن‌ها روش برنامه‌ریزی آرمانی که از انعطاف‌پذیری خاصی برخوردار است انتخاب شده است.

آرمان‌های استفاده شد در مدل:

✓ آرمان اول: بیان‌کننده شایستگی و پاسخگویی می‌باشد و انحراف منفی و مثبت از این آرمان و قابل قبول نمی‌باشد.

✓ آرمان دوم: آرمان انعطاف‌پذیری می‌باشد که موجودی پایان دوره شرکت ایران خودرو مدل‌سازی شده و انحراف از آن قابل قبول نمی‌باشد.

✓ آرمان سوم: آرمان سرعت و یا تحویل به موقع برای مشتری است که توقفات خطوط تولیدی به عنوان آرمان سوم مورد نظر گرفته است و انحراف مثبت از آن مورد قبول نمی‌باشد.

اهداف گوناگون در قالب محدودیت‌های مختلفی در مسئله آورده شده است و انحراف نامساعد مثبت یا منفی آنها بسته به نوع هدف، انتخاب شده و در تابع هدف آورده شده است. هدف نهائی، می‌نیم‌کردن این گونه انحرافات است.

در ضمن به وسیله ضریب تنوع محصول که در آرمان اولیه ارائه شده این ضریب از محصول حمایت می‌کند که از تنوع بیشتری برخوردار است و دارای چابکی بیشتر است.

برون‌سپاری و کوچک شدن مجموع تولید از ابزارهای چابکی است در یکی از محدودیت‌های تولید این منظور لحاظ گردیده است و حداقل برای برون‌سپاری و کوچک‌سازی مجموع تولید در نظر گرفته است.

3.1 مفروضات به کار گرفته شده در مدل:

1. کمبود نیروی‌کار وجود ندارد.
2. تعداد و ظرفیت دستگاه‌های تولید و مونتاژ در محدودیت ظرفیت تولید هر خط مونتاژ دیده شده است.
3. توابع‌عضویت خطی پیوسته هستند
4. کلیه اعداد به صورت عدد صحیح می‌باشد

این مفروضات با توجه به صنعت مورد نظر برای مطالعه و مدل طراحی شده برای این صنعت در نظر گرفته شده است

3.2 مشخصه‌ها (اندیس‌های) مدل

جدول شماره (2) اندیس‌های مدل

اندیس	توضیحات
$i = (1, 2, \dots)$	علامت محصول
$t = (1, 2, \dots, t)$	علامت دوره زمانی

جدول شماره (3) پارامترهای مدل ریاضی

متغیرها	شرح
S_{it}	میزان فروش محصول i در دوره t
B_i	نفر / ساعت مورد نیاز برای تولید هر واحد محصول i
L_t	ماکزیمم تعداد پرسنل موجود در دوره t
H_t	نفر / ساعت کار عادی هر یک پرسنل تولید در دوره t
C_i	حداکثر ظرفیت تولید محصول i در ساعت کار عادی
C'_i	حداکثر ظرفیت تولید محصول i در ساعت اضافه کاری
AK_{it}	میزان سطح موجودی و یا سفارش مواد اولیه محصول i در دوره t که در خارج از شرکت (برون سپاری قطعات)
AJ_{it}	میزان سطح موجودی و یا سفارش مواد اولیه محصول i در دوره t توسط خود شرکت تولید می شود
n_i	تعداد قطعات اولیه محصولات i
W_i	ظرفیت کلی انبار مواد اولیه
W'_i	حداکثر ظرفیت برای موجودی پایان دوره محصول i
m	عدد خیلی بزرگ
β_i	در صد برون سپاری قطعات تولید شده محصول i
E_i	حداکثر ظرفیت موجودی پایان دوره تمامی محصولات برای بالا بردن انعطاف پذیری محصولات

متغیرها	شرح
λ_i	ضریب انعطاف‌پذیری که با توجه به شیفت کاری، در صد خرابی خطوط تولید، نیاز روزانه بازارو نیاز آینده محصول استراتژیک بودن محصول
d^+	انحراف مثبت از آرمان
d^-	انحراف منفی از آرمان
w	وزن آرمان‌ها

3.3 متغیرهای خروجی مدل

متغیرهای تصمیم، خروجی‌های مدل هستند که به شرح جدول شماره (4) می‌باشند.

جدول شماره (4) متغیرهای مدل

P_{it}	میزان تولید محصول i در ساعات عادی در دوره t
O_{it}	میزان تولید محصول i در ساعات اضافه کاری در دوره t
I_{it}	میزان موجودی محصول i در انتهای دوره t
U_{it}	میزان توقف تولید محصول i در دوره t

مدل ریاضی چابکی

$$\min = w d_{1t}^- + w d_{2t}^+ + w M \cdot d_{3t}^- + w d_{3t}^+ \quad (1)$$

$$P_{it} + O_{it} + I_{it-1} - (S_{it} + U_{it}) + d_{1t}^- - I_{it} = 0 \quad \forall it \quad (2)$$

$$\sum_i^I \lambda_{it} I_{it} + d_{2t}^- - d_{2t}^+ = E_{it} \quad \forall it \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^1 U_{it} + d_{3t}^- - d_{3t}^+ = 0 \quad \forall it \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^1 (P_{it} B_{it}) \leq H_t L_t \quad \forall it \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^1 (O_{it} B_{it}) \leq H_t L'_t \quad \forall it \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^1 I_{it} \leq W' \quad \forall it \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^1 P_{it} \leq C_i \quad \forall it \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^1 O_{it} \leq C'_i \quad \forall it \quad (9)$$

$$n_i(P_{it} + O_{it}) - (AJ_{it} + AK_{it}) = u_{it} \quad \forall it \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^1 AJ_{it} + \sum_{i=1}^I AK_{it} \leq W_t \quad \forall it \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^J AJ_{it} \leq \sum_{k=1}^K \beta_{it} \cdot AK_{it} \quad \forall it \quad (12)$$

$$Ali \text{ Variable} = Integer \quad (13)$$

3.4 تابع هدف و آرمان‌ها

(1) تابع هدف است و هدف آن حداقل انحرافات از آرمان‌ها می‌باشد به علت اینکه امکان انحراف منفی از آرمان سوم امکان‌پذیر نیست پس یک عدد بزرگ مانند M ضریب آن قرار می‌دهیم تا امکان انحراف از این آرمان سلب شود (2) آرمان انحراف از برنامه تولید (آرمان شایستگی و پاسخگویی) سازمان باید پاسخگو باشد و در مرحله بعد باید شایسته باشد تا بتواند نیاز بازار را تأمین نماید پس شناسایی نیاز بازار (پاسخگو) و دوم توانایی پاسخ گفتن به این نیاز (شایستگی) است یعنی برنامه تولیدی که دقیق بر مبنای نیاز بازار باشد در جهت تنوع محصول و تلاش در جهت انحراف نگرفتن منفی از آن و انحراف مثبت از آن موجودی پایان دوره برای دوره بعد در نظر گرفته می‌شود (3) آرمان کنترل موجودی پایان دوره (آرمان انعطاف‌پذیری) هدف برای بهتر مدیریت و کنترل موجودی پایان دوره برای نوسانات بازار و بالا بردن انعطاف‌پذیری و انحراف نگرفتن مثبت از آرمان است ضریب انعطاف‌پذیری که با توجه به شایستگی کاری، در صد خرابی خطوط تولید، نیاز روزانه بازار و نیاز آینده محصول استراتژیک بودن محصول از طرف سازمان فروش شرکت ارائه شده است (4) آرمان تحویل در کمترین زمان (سرعت) این آرمان توانای سازمان در تحویل به موقع و در کمترین زمان ممکن است که برابر است با کمترین زمان توقفات خطوط تولیدی این آرمان انحراف مثبت از آن مورد قبول نمی‌باشد.

محدودیت‌ها

(5) و (6) محدودیت میزان تولید و نیروی انسانی در ساعات کار عادی و اضافه کاری بیانگر میزان ظرفیت تولید و بر اساس میزان نیروی انسانی که در دسترسی بخش تولید در ساعات کار عادی و اضافه کاری است می باشد. (7) محدودیت حداکثری موجودی پایان دوره برای محصول A است که امکان بیشی گرفتن از آن را از مدل سلب می کند (8) و (9) محدودیت میزان تولید و ظرفیت خطوط تولیدی در ساعت عادی و اضافه کار می باشد (10) محدودیت توقف خطوط تولیدی به علت نبود قطعات و مواد اولیه است (11) محدودیت گنجایش انبار مواد اولیه که در آن میزان موجودی پایان دوره و سفارش قطعه اولیه و مواد اولیه چه در داخل سازمان و یا در خارج سازمان تولید شده است (12) محدودیت برای برون سپاری قطعات اولیه است که حداقل قابل قبول درصدی از تولید مواد اولیه را بیان می نماید که باید شرکت برون سپاری آن را انجام دهد به علت اینکه یکی از آیت های که کمک شایانی به چابکی سازمان می کند برون سپاری است. (13) تمامی متغیرها عدد صحیح می باشند

تعیین ضریب اهمیت آرمانها

در تحقیق حاضر از تکنیک AHP برای تعیین اولویت آرمانها استفاده شد به وسیله پرسشنامه که برای 10 نفر از مدیران و کارشناسان شرکت نظرخواهی شد سپس بعد از جمع آوری پرسشنامه به کمک نرم افزار Excel , Expert choice تحلیل داده ها پرداخته و نرخ سازگاری برابر 0/04 حاصل شد با توجه به اینکه نرخ سازگاری سازگاری 0/1 است پس اوزان بدست آمده قابل اعتماد است.

اهداف آرمان	اول	دوم	سوم
اوزان آرمان	0/4112	0/3202	0/2686

3.5 تحلیل داده ها و یافته های پژوهشی

برای بررسی کارایی و اعتبار مدل های ریاضی چندین راه حل وجود دارد که از مهمترین آنها می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- از مدل های ریاضی پایه معتبر که اعتبار اینگونه مدل ها با توجه به شخص و منبع ارائه دهنده آن سنجیده می شود.
- استفاده از نظر خبرگان و اهل فن در مورد مدل ارائه شده
- مقایسه نتایج حاصل از حل مدل با وضعیت موجود یا واقعی محل اجرا (آذر عادل و عباسی حامد 1390)

(جدول شماره 5) نتایج بدست آمده برای خودرو پژو پارس

هفته	تولید در شرایط عادی	تولید در شرایط اضافه کار	موجودی پایان دوره قبلی	موجودی پایان دوره جدید	جواب مدل	نیاز بازار	موجودی مازاد / کمبود
اول	2250	550	500	1540	1760	1760	0
دوم	2750	550	1540	2820	2020	2020	0
سوم	2750	550	2820	3000	3120	3120	0
چهارم	2682	550	3000	1832	4400	4100	0
پنجم	2750	550	1832	600	4532	4582	(50)
مجموع	13182	2750	9692	9792	5532	15782	(50)

در جدول بالا برنامه تولید 5 هفته برنامه ریزی تولید در شرکت ایران خودرو به وسیله مدل پیشنهاد شده است را با نیاز بازار در همان دوره مقایسه کرده و همان طور که می بینید موجودی مازاد و کمبودی که مدل با آن مواجه هستش 50 عدد می باشد آن هم به علت نوسان شدید تقاضا در هفته آخر سال است که با تخصیص بهتر موجودی پایان دوره به آن و افزایش انعطاف پذیر آن این مشکل هم حل می شود.

جدول (6) نتایج بدست آمده برای خودرو پژو 405

هفته	تولید در شرایط عادی	تولید در شرایط اضافه کار	موجودی پایان دوره قبلی	موجودی پایان دوره جدید	جواب مدل	نیاز بازار	موجودی مازاد / کمبود
اول	1700	0	500	1162	1400	1023	377
دوم	1900	300	1162	1812	1550	1550	0
سوم	1900	300	1812	2880	1132	1132	0
چهارم	1900	300	2880	2223	2227	2675	(430)

هفته	تولید در شرایط عادی	تولید در شرایط اضافه کار	موجودی پایان دوره قبلی	موجودی پایان دوره جدید	جواب مدل	نیاز بازار	موجودی مازاد / کمبود
پنجم	1900	300	2223	600	3823	3823	0
مجموع	9300	1200	8577	8677	10132	10403	53

برای خودرو 405 این نوسان برابر 53 عدد است که مازاد هفته اول با کمبود هفته 4 جبران شده است و کمترین اختلاف با واقعیت دارا می باشد این مدل کمترین نوسانات بازار را دارا می باشد و اعداد بدست آمده از آن بسیار به واقعیت نزدیک می باشد.

جدول (7) نتایج بدست آمده برای خودرو سمند

هفته	تولید در شرایط عادی	تولید در شرایط اضافه کار	موجودی پایان دوره قبلی	موجودی پایان دوره جدید	جواب مدل	نیاز بازار (فروش)	موجودی مازاد / کمبود
اول	2012	450	500	1712	1250	1300	(50)
دوم	2250	450	1712	3000	1412	1412	0
سوم	2250	450	3000	2548	2543	2620	(77)
چهارم	2250	450	2548	2705	2705	2705	0
پنجم	2250	450	2705	600	4805	4805	0
مجموع	11012	2250	10465	10365	12715	12532	127

با توجه به جوابی حاصل از مدل برای محصول خودروی سمند و مقایسه آن با وضعیت شرکت ایران خودرو برای تولید محصول سمند کارایی مدل در بهبود تصمیم گیری و برآورد اهداف برای محصول خودروی سمند ثابت شده است و استفاده از مدل در شرایط آتی را اثبات می کند

جدول(8) نتایج بدست آمده برای خودرو پژو 206

تولید در	تولید در شرایط اضافه کار	پایان دوره قبلی	پایان دوره جدید	جواب مدل	نبازار (فروش)	موجودی مازاد / کمبود	هفته
2299	400	500	1999	1200	1200	0	اول
2300	400	1999	2854	1845	1845	0	دوم
2300	400	2854	2825	2729	2729	0	سوم
2300	400	2825	2025	3500	3500	0	چهارم
2300	400	2025	600	4125	4125	0	پنجم
11499	1600	10203	10303	13395	13395	0	مجموع

نتایج بدست آمده برای خودرو پژو 206 دقیقاً شبیه به واقعیت می باشد و سازمان با هیچ گونه کمبودی مواجه نشده است و دقیقاً همانند واقعیت می باشد به علت انتخاب مناسب ضریب انعطاف پذیری که برای این مدل در نظر گرفته شده است

در جدول پایین هم نتایج کلی مدل با شرایط واقعیت سنجیده شده است و این مدل فقط در 5 هفته نتایج بسیار خوبی گرفته است و کلاً 230 عدد با کمبود تولید مواجه شده است

جدول(9) مقایسه نتایج کل بدست آمده از مدل و شرایط واقعی که از شرکت ایران خودرو بدست می آید

شرایط واقعی		حل مدل	
تعداد خودروها	کمبود	مازاد	کمبود
پژو پارس	150	0	50

پژو 405	236	0	53	0
سمند	254	0	127	0
پژو 206	238	0	0	0
مجموع	878	0	230	0

با توجه به نتایج حاصل از مدل و مقایسه آن با شرایط واقعی که در سال 1393 از شرکت ایران خودرو بدست آمده است و با توجه به قابلیت‌های چابکی که از مرور ادبیات بدست آمده است یعنی قابلیت‌های که توانایی و قابلیت‌های اصلی چابکی عبارت است از پارادایم پاسخگویی (شناسایی نیاز بازار) پارادایم شایستگی (توانایی سازمان در جهت پاسخ گفتن به نیاز بازار) و پارادایم انعطاف‌پذیری (برآورد نیاز ناگهانی که با یک کنترل موجودی مطمئن) و پارادایم سرعت (تحويل به موقع) که حداقل رساندن توقفات خطوط تولیدی است سازمان را در برنامه‌ریزی تولید در جهت چابکی هدایت کرده است تا از پارادایم چابکی در جهت رقابت بتواند از آن استفاده کند. علاوه بر آن از مدل فوق نتایج زیر را می‌توان استخراج کرد.

1. استفاده از مدل آرمانی طراحی شده این اجازه را به شرکت می‌دهد تا به جای دنبال کردن یک هدف خاص مانند کاهش هزینه یا افزایش ظرفیت تولید، چندین هدف مختلف را با یکدیگر در نظر بگیرد. بدیهی است که مدل فوق می‌تواند با توجه به اوزان اهمیت اهداف و سایر محدودیت‌ها تا آنجا که ممکن است اهداف موردنظر را برآورده سازد.
2. این مدل با توجه به اینکه موجودی پایان دوره مطمئنی را دارا می‌باشد و به راحتی می‌تواند هزینه کمبود و هزینه از دست دادن مشتری را به حداقل خود برساند در ضمن این موجودی پایان دوره برای سال جدید بسیار کم در نظر گرفته شده است و پس با موجودی مازاد سال جدید مواجه نمی‌شود و در نتیجه هزینه تولید کاهش می‌یابد.
3. مدل حاضر به دلیل رویکرد کل نگر که دارد می‌تواند با اندکی تغییرات در اهداف و محدودیت‌ها برای سایر شرکت‌ها و سازمان‌های تولیدی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین می‌توان با اندکی تغییرات ابعاد دیگری از انعطاف‌پذیری را به محدودیت‌ها یا به اهداف فوق اضافه کرد

4. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله قابلیت‌های مربوط به چابکی تولید مشخص و با استفاده از این قابلیت‌ها و به کار گیری علم تحقیق در عملیات و مدل‌سازی آرمانی چابکی برنامه‌ریزی تولید در یک شرکت واقعی مورد ارائه شده است. پس از به دست آوردن مدل چابکی، تلاش در جهت استفاده از آن برای برنامه‌ریزی تولید و مقایسه آن با دنیای واقعی به مزایای آن که همان تولید مستمر در جهت رقابت با رقبایان و شناسایی و پاسخگویی نیاز مشتری می‌باشد.

با توجه به اینکه کشور ما هدف آن در سال 1404 نقش اول اقتصادی و صنعتی در منطقه خاور میانه است و تنها راه برای بقای صنایع و خدمات مخصوصاً صنعت خودرو که یک صنعت رو به رشد و پویا در سطح جهان می‌باشد استفاده از سیستم‌های چابکی و تولید چابک ضروری و لازم می‌باشد در این راستا این مقاله می‌تواند کمک شایانی به چابکی سازمان‌های داخلی نماید و آن‌ها را در جهت دستیابی به چابکی کمک کند تا به بیشترین چابکی از لحاظ برنامه‌ریز تولید دست پیدا کنند.

منابع:

- Asif Qumer Gill (2015) “Agile enterprise architecture modelling: Evaluating the applicability and integration of six modelling standards Information and Software Technology, (67), 196-206
- Azar, A, Hamed A., (2011) developed a mathematical model of flexible manufacturing systems, industrial management perspective4, 65–75 (in persian)
- Cannata, M. Gerosa, M. Taisch, Socrates: (2008) (“a framework for developing intelligent systems in manufacturing, in: IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM IEEE
- D. Noble, Forces of Production (2008) “A Social History of Industrial Automation, Transaction Publishers, New Brunswick, NJ”
- D.E. Ighravwe, S.A. Ok (2014) “A non-zero integer non-linear programming model for maintenance workforce sizing “ Int. J. Production Economics (150) 204–214
- Ernesto D.R. Santibanez -Gonzalez, Ali Diabat (2015) “Modeling logistics service providers in a non-cooperative supply chain” Applied Mathematical Modelling, (40), 13–14, 6340-6358
- Giovanni Di Orio n , Gonalo Cndido, José Barata (2015) “The Adapter module: A building block for Self-Learning Production Systems Robotics and Computer-Integrated Manufacturing (36,) , Pages 25-35
- Hallgren, M., & Olhager J. (2009). Flexibility configurations: Empirical analysis of volume and product mix flexibility, Omega, 37, 746-756.

- Hillegersberg, J ; and et.al (2005) : Business agility requirements in financial services , Journal of Rotterdam school , F Management , Erasmus University Rotterdam.
- Jafarnejad, A. shahaei B. (1386), Introduction to organizational agility and agile manufacturing, the Institute book,Mehraban Nashr (in persian)
- Lijun Wanga,Samuel A.Agyemangb, Hossein Aminib, Abolghasem Shahbazia(2015)”Mathematical modeling of production and biorefinery of energy crops” Renewable and Sustainable Energy Reviews, (43), 530-544
- Macaulay , J(1996): Management in the agile organization,APQC quality press, Milwaukee,WI.
- Mashayekhi , Rajabzadeh , Razavia (2009) Applying path analysis method in defining effective factors inorganisation agility, International Journal of Production Research(46)6, 1765-1786
- Masoud, Soleymani, Shishvan; Javad , Sattarvand;(2015) “Long term production planning of open pit mines by ant colony optimization” European Journal of Operational Research, (240), 3, 1 825-836
- McGaughey, R (1999): Internet Technology: Contributing to Agility in the Twenty-first Century , international journal of agile manufacturing systems, PP 7-13.
- Philippe De Bruecker ; , Jorne Van den Berghb; Jeroen Beliënb; Erik Demeulemeester; (2015) Workforce planning incorporating skills: State of the art European Journal of Operational Research, (243), 1, 16 1-16
- Sharifi H , Zhang Z (2000): Agility in practice : application of a methodology , special issue on “ next generation manufacturing “ Intl.Jour. of operation & H
- Sharifi,H and zhang ,Z (2001) : Agile manufacturing in practice : Application of a methodology , International Journal of Operation & production management, Vol.21,No.5/6,pp.772-794.
- Sherehiy,B.,Karwowski , W. and Layer, J.K. (2007) ,”A review of enterprise agility:Concepts, frameworks, and attributes”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol.37,pp.445-460.
- Tadashi Yamadaa, , , Zukhruf Febri (2015) “Freight transport network design using particle swarm optimisation in supply chain–transport super work equilibrium” Transportation Research, Volume (75), 164-187
- Wolfgang ,Garn; , Jamesm, Aitken; (2015) “ Agile factorial production for a single manufacturing line with multiple products” European Journal of Operational Research, (245), 3, 16 754-766
- Yavuz Acar a,n , Sukran Nilvana Atadeniz (2015) “Comparison of integrated and local planning approaches for the supply network of a globally-dispersed enterprise” international Journal of Production Economics, 167, 204-219
- Yokabed, Beikkhakhian; Mohammad, Javanmardi Mahdi Karbasian, Bijan, Khayambashi (2015); “The application of ISM model in evaluating agile

suppliers selection criteria and ranking suppliers using fuzzy TOPSIS-AHP”
Expert Systems with Applications, (42), 15–16, 6224-6236

Providing a mathematical model of production planning with the approach of agility: study in Iran Khodro Company

Abstract:

Dynamic changes in today's business environment organizations to adopt the new model have forced the agile manufacturing. Agile manufacturing contrast traditional model of mass production and focused on the production of highly customized products takes place when customers need them. Agility in manufacturing, especially in the automotive industry that is highly dynamic and changes as the need arises. On the one hand, agility is a comprehensive and multi-dimensional concept and on the other hand there is no mathematical model to measure it. So In this paper, an innovative approach was attempted according to four main functions of agility responsiveness, competence, flexibility and speed,, a mathematical model is ideal for the production of agile planning and comparing the results of the model is presented with the actual situation of Iran Khodro Company .This innovative approach to agility has become the ideal model and this study will help to the organization according to their facilities and use of mathematical models in order to achieve maximum agility in product production.

Keyword: flexibility, responsiveness, agility, competence, speed