پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۹، شماره ٤، زمستان ۱٤۰۳، صص ۹۵-۱۱۸
نوع مقاله: پژوهشی

ارائه ترکیب QFD- سوارا و کوکوسو فازی شهودی جهت پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار در فرایندهای تولیدی (مورد مطالعه شرکت سایپا)

سجاد رمضانی [۱*]، یاسر دانشیان [۲]، مسعود کسایی [۳]

۱. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. استادیار، گروه مدیریت صنعتی،، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۰۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۰۹/۲۸

چکیده

پایداری از مفاهیم روز حوزه مدیریت است و توجه بسیاری از عالمان و شرکت‌های تولیدی را به خود جلب نموده است. در راستای اجرایی نمودن پایداری نیاز است که این مفهوم از بعد استراتژی درک شود و فعالیت‌های عملیاتی و تولیدی سازمان منطبق با آن هماهنگ شوند. در پژوهش حاضر، جهت پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار اقدام به اولویت‌بندی فرایندها شده است. این پژوهش از لحاظ هدف توسعه‌ای- کاربردی، از لحاظ ماهیت رویکرد ترکیبی، از لحاظ اجرا پیمایشی و از لحاظ جمع آوری داده توصیفی است. ابزار مورد استفاده برای گردآوری داده‌ها، مصاحبه و پرسشنامه است. در این پژوهش جهت تدوین استراتژی‌های تولید پایدار و پیاده‌سازی آن در فرایندهای تولیدی، سه مرحله ارائه شده است. در مرحله اول منطبق با مدل اسلک و لوئیس (۲۰۱۱) نه استراتژی‌های تولید پایدار برای شرکت سایپا ارائه گردیده است. در مرحله دوم با استفاده از سوارا فازی شهودی استراتژی‌های تولید پایدار وزن‌دهی گردیده‌اند که عملکرد سبز، کمترین ضایعات و بهره‌وری منابع بیشترین وزن را به دست آورده‌اند. در مرحله سوم ماتریس روابط در ساختار QFD تشکیل و منطبق با تکنیک کوکوسو فازی شهودی فرایندهای اصلی شرکت سایپا اواویت‌دهی شده‌اند. اولویت فرایند اصلی در پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار شرکت سایپا به ترتیب شامل ۱) عملیات پرس و بدنه‌سازی، ۲) عملیات مونتاژ، ۳) سفارشات قطعات، ٤) عملیات رنگ‌کاری، ۵) لجستیک داخلی و ٦)عملیات روتوش است.

کلیدواژه‌ها: استراتژی‌تولید پایدار، QFD، سوارا فازی شهودی، کوکوسو فازی شهودی، استراتژی تولید

---

* نویسنده مسئول مقاله E-mail: s_ramezani@sbu.ac.ir

۱- مقدمه و بیان مسئله

از زمان معرفی استراتژی تولید توسط اسکینر[۱]، این مفهوم تبدیل به موضوع بنیادی برای دستیابی به مزیت رقابتی در سازمان‌ها و واحدهای عملیاتی شده است [۱]. شرکت‌ها مبتنی بر استراتژی تولید تصمیمات بلندمدت برای سیستم‌های تولیدی گرفته‌اند و برنامه خود را تنظیم نموده‌اند [۲]. استراتژی تولید شامل مجموعه ای از تصمیماتی است که واحد تجاری را قادر به مزیت رقابتی کرده است. از دیدگاه استراتژی تولید، اصطلاح «تولید» باید از سطح مدیریت استراتژیک درک شود و چندین حوزه تصمیم‌گیری استراتژیک مانند منابع انسانی، مدیریت کیفیت، انتخاب فناوری، انتخاب محصولات و فرآیند، بازارها و سیستم‌های تولید به طور همزمان در نظر گرفته شوند تا تصمیمات بلندمدت در مورد سیستم تولید اتخاذ گردد. با گذشت زمان مفهوم استراتژی تولید توسعه یافته و مفاهیم جدید مطرح شده است. یکی از رویکردهای نوین در استراتراتژی تولید، پایداری است [۳] که در این پژوهش استراتژی‌های مرتبط با این مفهوم برای واحدهای تولیدی ارائه می‌شوند.

برونداند[۲] (۱۹۸۷) بیان نموده که پایداری "توسعه‌ای است که نیازهای زمان حال را بدون به خطر انداختن ظرفیت تامین نیاز نسل‌های آینده برآورده می‌نماید"[٤]. این تعریف مصرف را در هر برهه‌ای از زمان بدون تخریب منابع حیاتی مانند سرمایه طبیعی، فیزیکی، انسانی و فکری در نظر گرفته است. تولید در این شرایط مزیت نسبی برای سازمان‌ها ایجاد می‌کند و باعث ایجاد سازمان رقابتی می‌شود. در رویکرد پایداری فعالیت‌های اقتصادی نباید به تنهایی ملاک باشد و بر فعالیت‌های اجتماعی و محیط زیست نیز تاکید شده است [٥] بنابراین پایداری دربرگیرنده ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی است. با درنظر گرفتن تعاریف مختلف، پایداری نه تنها در بهبود عملکرد مالی و اقتصادی یک سازمان، بلکه در برآورده ساختن اهداف و مقررات اجتماعی و زیست محیطی نیز کمک کرده است [۳]. استراتژی تولید پایدار[۳] (SMS) را می توان به عنوان یک الگوی هماهنگ از تصمیمات تعریف نمود که از منابع تولید به منظور ایجاد مزیت رقابتی در فرایند تولید محصولات، استفاده می‌کند [٦] و سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را برای ایجاد مزیت رقابتی در نظر می‌گیرد [۷]. عبدالرشید و

[۱] skinner
[۲] Brundtland
[۳] Sustainability manufacturing strategy

همکاران[۱] (۲۰۰۸) تاکید نموده‌اند که SMS برای دستیابی به محصول نهایی به یک استراتژی متوسل نمی‌شود بلکه چندین استراتژی مختلف، مانند به حداقل رساندن ضایعات، کارایی مواد، کارایی منابع و ... را همزمان دنیال می‌نماید [۸ و ۹] که در ارتقای تولید حیاتی هستند.

در سازمان‌های تولیدی برای ایجاد پایداری این مفهوم باید بخشی از استراتژی تولید باشد. علیرغم رابطه مثبت بین عملکرد شرکت و استراتژی‌های توسعه پایدار، شرکت‌های تولیدی تاکنون در اتخاذ شیوه‌های پایدار در استراتژی‌های عملیات خود با مشکل مواجه هستند[۱۰]. خاتری و متری[۲] دلیل این مشکلات را لحاظ نمودن سه حوزه اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی در این مفهوم می‌دانند که همزمان در نظر گرفتن الزامات پیاده‌سازی این سه حوزه باعث سختی و در نتیجه کندی اجرای استراتژی‌های تولید پایدار شده است[۱۱] همچنین پیاده‌سازی استراتژی های تولید پایدار نیازمند طراحی محصول پایدار، فرایند و زنجیره تامین پایدار و جایابی و تسهیلات تولید پایدار است که در پژوتش حاضر از لحاظ فرایندی، الزامات پیاده‌سازی اجرا می گردد. بنابراین استراتژی‌های تولید پایدار در فرایندهای اساسی بررسی می‌شوند. در پیاده‌سازی، فرایندهایی که بیشترین ارتباط را با استراتژی‌ها دارند برای شرکت‌ها مهم هستند. QFD به عنوان ابزاری کارآمد برای پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار است که در پژوهش حاضر با در نظر گرفتن عدم اطمینان محیطی از منطق فازی شهودی استفاده شده و ترکیب QFD، سوارا و کوکوسو فازی شهودی برای اولویت‌دهی فرایندهای شرکت سایپا ارائه گردیده است. ترکیب تکنیک سوارا و کوکوسو فازی شهودی برای بهبود عملکرد QFD پیشنهاد شده است که نسبت به QFD سنتی عملکرد بهتری دارد. همچنین با بررسی ادبیات یکی از اصلی ترین شکاف پژوهش‌های پیشین در نظر نگرفتن پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار است که در پژوهش حاضر با روش QFD در فرایندهای شرکت سایپا پوشش داده می‌شود. هدف اصلی این مطالعه، پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار در فرایندهای شرکت سایپا است.

---
[۱] Abdul Rashid
[۲] Khatri & Metri

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- استراتژی تولید

اسکینر (۱۹٦۹)، استراتژی تولید را «بهره‌برداری از ویژگی‌های عملکرد تولید به عنوان یک سلاح رقابتی» تعریف کرده است. میلتن‌برگ[۱] بیان نموده که ماهیت استراتژی تولید آن است که به صراحت نحوه تصمیم گیری واحدهای تولیدی را تدوین و دستیابی به مزیت بلندمدت نسبت به رقبا را ایجاد کند [۱۲]. ارفا و المراقی[۲] (۲۰۱۱) استراتژی تولید را به عنوان «الگوی تصمیم گیری اعم از ساختاری و زیرساختی، که توانایی سیستم تولید را در جهت دستیابی به مجموعه‌ای از اهداف تولیدی منطبق با اهداف کلی کسب و کار» در نظر گرفته‌اند [۱۳] و سیستم تولید به عنوان «روش سازماندهی افراد و تجهیزات به گونه ای که تولید کارآمدتر شود» تعریف شده است[۱٤].

استراتژی تولید درک سیستم تولید از دیدگاه استراتژیک است [۱٥] که در سطح استراتژی‌های عملیاتی در کنار سایر کارکردهای مختلف کسب و کار مانند بازاریابی، منابع انسانی، مالی، تحقیق و توسعه مطرح هستند. استراتژی های عملیاتی تصمیمات موجود در عملکردهای فردی را مدیریت می‌کنند که مزیت رقابتی برای سازمان به وجود می‌آورند [۱٦] دوحالا و همکاران[۳] (۲۰۲۲) [۱۷] طی پژوهشی بیان نمودند که استراتژی تولید از طریق در نظر گرفتن خروجی منحصر به فرد برای تولید باعث ایجاد عملکرد مناسب شده که در نتیجه رقابت‌پذیری سازمان را ارتقا می‌دهد. وقتی سازمان در یک یا دو خروجی نسبت به رقبا برتری پیدا کند در نتیجه مزیت رقابتی سازمان افزایش می‌یابد و این مزایای رقابتی در استراتژی سطح سازمان به عنوان قوت درنظر گرفته می‌شود. بنابراین استراتژی تولید تنها ارتباط اثرپذیری از استراتژی‌های سطوح بالا نداشته بلکه از طریق ایجاد نقاط قوت و ضعف بر استراتژی‌های بالادستی نیز تاثیرگذار بوده است. استراتژی تولید در تنظیم تصمیمات برای دستیابی به مزیت‌های بلندمدت شرکت‌ها از طریق بهبود عملکرد تولیدی آنها بسیار مهم بوده است و سازمان‌ها با عملکرد تولید استراتژیک می‌توانند به‌طور موثر برای حفظ انعطاف‌پذیری و مزیت رقابتی تغییر شکل دهند [۱۷]. بنابراین استراتژی تولید در شرکت‌های تولیدی برای دستیابی

---

[۱] Miltenberg
[۲] Arafa & ElMaraghy
[۳] Dohale et al

به اهداف مورد نظر استراتژی کسب و کار ضرورت دارد [۱]. از دیدگاه اسلک و لوئیس[۱] (۲۰۱۱) [۱۸] در استراتژی سطح عملیاتی از جمله استراتژی تولید باید ٥ هدف عملکردی در نظر گرفته شود که شامل کیفیت، سرعت عمل، قابلیت اعتمادپذیری، قابلیت انعطاف‌پذیری و هزینه است. این استراتژی ها باید با تصمیم‌گیری سطح عملیاتی سنجیده شوند تا استراتژی‌های مرتبط یا سازمان ارائه شود. در نتیجه پیکره‌بندی اهداف تولید اغلب به عنوان استراتژی تولید شناخته می شود که در آن اهداف و استراتژی اساسی تولید تبیین می‌شود [۱٥].

۲-۲- استراتژی تولید پایدار

در مباحث تولیدی مفهوم پایداری جزو موضوعات نوین بوده که ناشی از مسائل مرتبط با مصرف انرژی، تولید زباله و انتشار کربن مطرح گردیده است [۱۰] و پژوهشگران این حوزه را وارد بحثی فراگیر و بین رشته ای کرده است. گستره چنین بحثی شامل رویکرد سه گانه‌ای بوده که ابعاد زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی را شامل می‌شود. بنابراین حوزه هایی مانند بهره‌وری منابع، جریان مواد، مصرف انرژی، توسعه محصول، تأثیر بر سلامت انسان، ارزیابی چرخه زندگی و زنجیره تامین پایدار مورد بررسی قرار می‌گیرند [۱۹ و ۲۰].

مکچی و همکاران[۲] (۲۰۲۰) [٥] بیان نمودند برای یکپارچگی سازمان در بحث پایداری نیاز است که پایداری در استراتژی‌های سازمان در نظر گرفته شود و روندهای کنونی نشان می‌دهد که مفهوم پایداری در سازمان‌های تولیدی باید بخشی از استراتژی های عملیاتی در تولید باشد، علاوه بر این با توجه به اینکه پایداری رویکردی یکپارچه و کل‌نگر دارد، شناخت و ارزیابی استراتژی‌های تولید پایدار به بهبود عملکرد مالی یک سازمان کمک کرده و در برآورده ساختن اهداف اجتماعی و زیست‌محیطی نیز مفید بوده است.

در جدول ۱ پژوهش‌هایی مرتبط با استراتژی تولید پایدار مرور شده است.

جدول ۱. مرور ادبیات استراتژی تولید پایدار

ردیف	هدف	ابزار	خلاصه یافته‌ها	مهم‌ترین خلاها
۱	تکامل استراتژی تولید پایدار	AHP	تکامل یک کارخانه تولیدی به سمت استراتژی تولید پایدار [٥]	پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار و عدم‌اطمینان در AHP

[۱] Slack, N., & Lewis
[۲] Macchi et al.

ردیف	هدف	ابزار	خلاصه یافته‌ها	مهم‌ترین خلاها
۲	انتخاب استراتژی‌های تولید پایدار	SWOT-AHP	تبیین استراتژی‌هایی جهت تولید پایدار و اولویت‌بندی آنها [۱۱]	پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار و عدم‌اطمینان در تکنیک AHP
۳	تدوین استراتژی‌های تولید پایدار	ANP فازی	مشخص شدن شاخص‌های اولویت‌دار در استراتژی تولید پایدار ساختاری [۲۱]	پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار
٤	شناسایی استراتژی محتوا تولید پایدار در صنعت مواد غذایی	AHP TOPSIS	استراتژی محتوا و مدیریت کیفیت جامع و بهترین روش در پایداری تولیدات غذایی بوده است [٦]	پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار
٥	ارائه استراتژی‌ها برای دستیابی به تولید پایدار با استفاده از صنعت ٤	مرور ادبیات	ارائه مدل مفهومی تولید پایدار و تعیین روابط با صنعت ٤ درزمینه تولید سریلانکا [۲۲]	پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار
٦	تاثیر پایداری در صنعت ٤ بر استراتژی‌های تولید	معادلات ساختاری	تاثیر پایداری صنعت ٤ بر استراتژی‌های تولید [۱۰]	عدم اطمینان در نظرات خبرگان

با بررسی پیشینه ادبیات در جدول ۱ یکی از اصلی‌ترین شکاف‌های پژوهش‌های قبلی عدم در نظر گرفتن پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار بوده است. همچنین از رویکردهای جدید فازی مانند فازی شهودی در بررسی استراتژی‌تولید پایدار استفاده نشده است.

۳- روش‌شناسی پژوهش

طبق پیاز پژوهش سندرز[۱] (۲۰۰۹) [۲۳] روش شناسی پژوهش بررسی می‌شود. در این پژوهش منطبق با تفسیر و نظر خبرگان، یافته‌ها ارائه می‌شود. از نظر انواع فلسفه این پژوهش تفسیرگرایانه است. رویکرد و رهیافت پژوهش استقرایی است. استراتژی پژوهش بر اساس هدف کاربردی و از لحاظ جمع‌آوری داده توصیفی بوده است. پژوهش از نوع آمیخته است ابتدا بر اساس رویکرد کیفی مصاحبه و تراوش فکری استراتژی‌های تولید پایدار ارائه گردیده و سپس بر اساس ترکیب روش‌های کمی فرایندها اولویت‌دهی شده‌اند. این پژوهش از لحاظ افق زمانی مقطعی بوده است. روش جمع‌آوری اطلاعات، مصاحبه و پرسشنامه است.

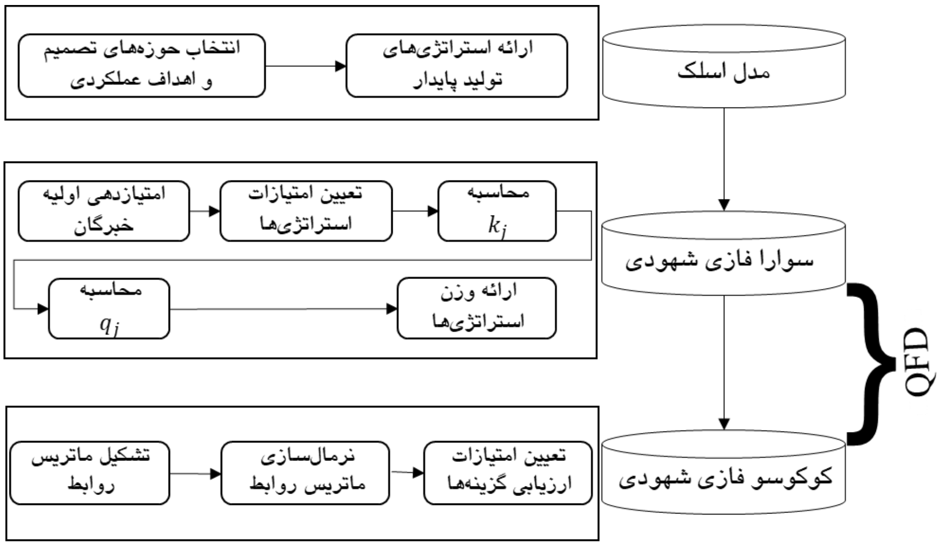
[۱] Saunders

جامعه آماری این پژوهش خبرگانی است و تمامی مدیران ارشد شرکت سایپا را شامل می‌گردد. روش انتخاب نمونه به صورت گلوله برفی و بر اساس کفایت نظری انجام شده که در نتیجه با ۵ نفر به بلوغ رسیده است. ویژگی‌های خبرگان به ترتیب زیر هستند.

- از لحاظ تحصیلات:٦۰ درصد با تحصیلات دکتری و ٤۰ درصد با تحصیلات کارشناسی ارشد.
- تمامی خبرگان از مدیران ارشد شرکت سایپا هستند.
- از لحاظ سابقه کار:۲۰ درصد ۱۰ تا ۱۵ سال سابقه کار، ٤۰ درصد ۲۰ تا ۲۵ سال سابقه کار و ٤۰ درصد ۲۵ تا ۳۰ سال سابقه کار در حوزه صنعت خودرو.
- از لحاظ سن خبرگان:۲۰ درصد بین ٤۰ تا ۵۰ سال سن و ۸۰ درصد بین ۵۰ تا ٦۰ سال سن.

ابزار گردآوری داده‌ها مصاحبه و پرسشنامه است.

فرایند پژوهش به ترتیب شکل ۱ انجام شده است.



شکل ۱: فرایند پژوهش

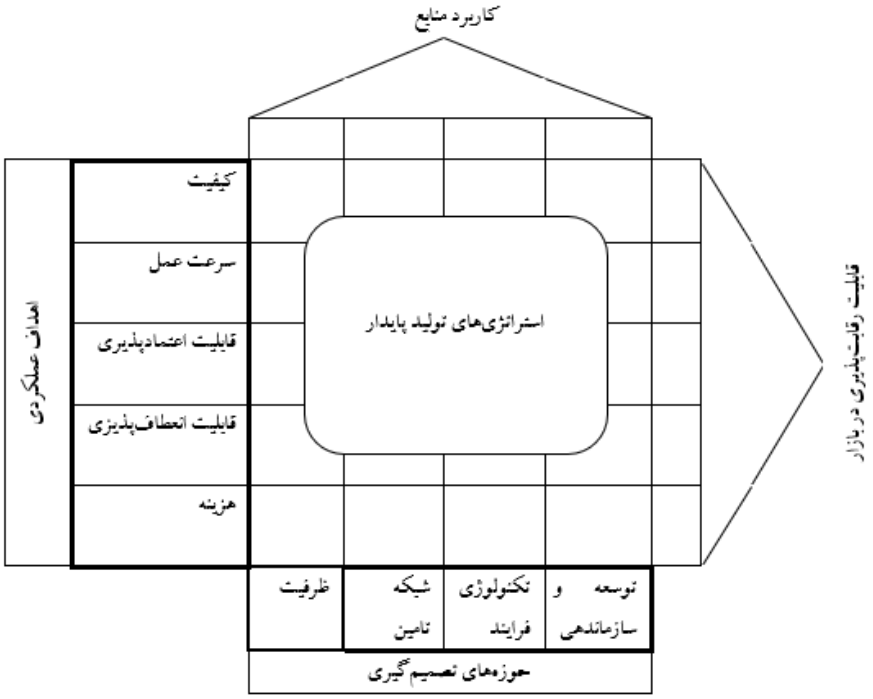
۳-۱- مرحله اول ارائه استراتژی‌های تولید پایدار

ابتدا بر اساس مدل اسلک و لوئیس (۲۰۱۱) [۱۸] استراتژی‌های تولید پایدار ارائه می‌شوند. بر اساس این مدل، استراتژی‌های تولید پایدار باید منطبق با چهار حوزه تصمیم شامل ظرفیت، شبکه تامین، تکنولوژی فرایند و توسعه و سازماندهی باشند. همچنین اهداف عملکردی کیفیت، سرعت عمل، قابلیت اعتمادپذیری، قابلیت انعطاف پذیری و هزینه نیز در تدوین استراتژی تاثیرگذار هستند. مدل فرموله کردن استراتژی‌های تولید پایدار بر اساس دیدگاه اسلک و لوئیس در شکل ۲ نمایش داده شده است.

بر اساس شکل ۲ استراتژی‌های تولید پایدار بر اساس حوزه‌های تصمیم‌گیری و اهداف عملکردی در شرکت سایپا مدنظر است. بر این اساس پنل خبرگی از مدیران این شرکت ترتیب داده شده تا حوزه‌های تصمیم‌گیری، اهداف عملکردی و ماتریس استراتژی تولید پایدار ارائه گردند. این مرحله در ۲ گام صورت پذیرفته است.

گام اول انتخاب حوزه‌های تصمیم و اهداف عملکردی: در این گام بر اساس پنل خبرگی مهمترین حوزه‌های تصمیم و اهداف عملکردی اننتخاب شده‌اند که در نتیجه در ماتریس استراتژی‌های تولید پایدار (شکل ۲) درایه‌های مرتبط مشخص گردیده‌اند. پنل خبرگی این تصمیمات را بر اساس برنامه‌های استراتژی بالادستی اتخاذ کرده‌اند.

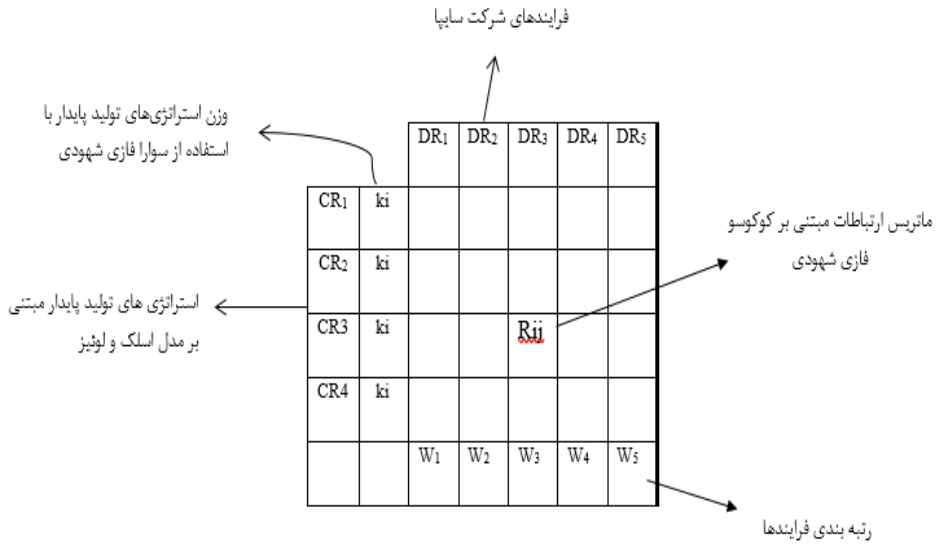
گام دوم ارائه استراتژی‌های تولید پایدار: بر اساس ماتریس شکل ۲ استراتژی‌های تولید پایدارشرکت سایپا تدوین می‌شوند. این استراتژی‌ها منطبق با نواحی تصمیم و اهداف عملکردی شرکت سایپا بوده‌اند.



شکل ۲: مدل اسلک و لوئیس برای تدوین استراتژی‌های عملیاتی

۳-۲- مرحله دوم وزن‌دهی استراتژی‌های تولید پایدار

در این مرحله از QFD استفاده شده است مدل پیشهادی برای پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار در فرایندها مبتنی بر شکل ۳ است.



شکل ۳ : مدل **QFD** برای پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار در فرایندهای تولید

استراتژی‌های تولید پایدار در قسمت الزمات مشتری در QFD قرار می‌گیرند. وزن‌دهی با استفاده از تکنیک سوار فازی شهودی پیشنهادی میشرا و همکاران[۱] (۲۰۲۰) [۲٤] انجام می‌گیرد. گام‌های سوارا فازی شهودی به ترتیب زیر هستند.

گام اول امتیازدهی اولیه خبرگان: ابتدا پنل خبرگی تشکیل گردیده و استراتژی‌های تولید پایدار به ترتیب اهمیت نسبت به هم مرتب شده‌اند و خبرگان نظرات خود را منطبق با جدول ۲ ارائه می‌دهند. اهمیت نسبی عامل j نسبت به عامل قبلی $(j - ۱)$ که اهمیت بالاتری دارد تعیین شده است [۲۵]. مطابق با مجموعه‌های فازی شهودی متغیرهای زبانی مورد نظر هر خبره در دو درجه عضویت (M) و درجه عدم عضویت (V) محاسبه گردیده است .

تجمیع نظرات خبرگان با عملگر فازی شهودی مطابق با رابطه ۱ صورت می‌پذیرد. در رابطه ۱، t وزن هر خبره است.

$$IFWA = [۱ - \prod(۱ - M_n)^t], [\prod(V_n)^t\ ], n = ۱, ۲, \dots, m \qquad (۱)$$

[۱] Mishra et al

گام دوم تعیین امتیازات استراتژی‌ها: تجمیع نظرات خبرگان برای هر استراتژی تولید پایدار مطابق با رابطه ۲ به دست می‌آید که در آن درجه عدم عضویت نهایی (V) از ۱ کم می‌شود.

$$= ½\,(M_n + V_n)D_J \qquad (۲)$$

جدول ۲ : اعداد فازی شهودی متناظر با متغیرهای زبانی در تکنیک سوارا

متغیرهای زبانی	اعداد فازی شهودی متناظر(M ،V)
اهمیت برابر	(۰، ۰/۹)
اهمیت خیلی کم	(۰/۲، ۰/۸)
اهمیت کم	(۰/۳، ۰/۷)
اهمیت نسبتاً کم	(۰/٤، ۰/٦)
اهمیت متوسط	(۰/۵، ۰/۵)
اهمیت نستا زیاد	(۰/٦، ۰/٤)
اهمیت زیاد	(۰/۷، ۰/۳)
اهمیت خیلی زیاد	(۰/۸، ۰/۲)
اهمیت بی‌نهایت	(۰/۹، ۰/۱)

گام سوم محاسبه k_j: ابتدا S_J محاسبه می‌شود بدین ترتیب که امتیاز نهایی هر استراتژی (D_J) از امتیاز نهایی استراتژی D_{J-1} کم شده و در سطر S_{J-1} نوشته می‌شود سپس مقدار K با استفاده از رابطه۳ به دست می‌آید [۲٦].

$$k_j = \begin{Bmatrix} I & j = ۱ \\ S_J + I & J > ۱ \end{Bmatrix} \qquad (۳)$$

گام چهارم محاسبه q_j: محاسبه مقدار q با استفاده از رابطه ٤ صورت می‌گیرد.

$$q_j = \begin{Bmatrix} I & j = ۱ \\ \frac{x_{j-۱}}{k} & J > ۱ \end{Bmatrix} \qquad (٤)$$

گام پنجم ارائه وزن استراتژی‌ها: محاسبه وزن نهایی با استفاده از رابطه ۵ است.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_k^n q_k} \qquad (۵)$$

۳-۳- مرحله سوم اولویت‌دهی فرایندهای تولید

برای پیاده‌سازی استراتژی تولید پایدار نیاز است فرایندهای مرتبط با استراتژی‌ها شناسایی شوند[۲۷] سپس بر اساس QFD فرایندها اولویت‌دهی شوند [۲۸]. از تکنیک کوکوسو[۱] (CO

[۱] combined compromise solution

(CO SO) فازی شهودی برای رتبه‌بندی فرایندها استفاده می‌شود. این تکنیک یک مدل یکپارچه از روش جمع وزنی ساده[۱] (SAW) و مدل ضرب وزنی[۲] (WPM) است و با توجه به جامعیت این تکنیک در پژوهش حاضر انتخاب شده است. گام‌های این تکنیک به شرح زیر است.

گام اول تشکیل ماتریس روابط: منطبق بر روش QFD ماتریس روابط تشکیل می‌شود. پس از امتیازدهی خبرگان منطبق با جدول ۳ از روابط ۱ و ۲ برای جمع‌بندی نظرات خبرگان استفاده می‌شود.

جدول ۳: اعداد فازی شهودی متناظر با متغیرهای زبانی در تکنیک کوکوسو

متغیرهای زبانی (سطح ارتباط)	اعداد فازی شهودی متناظر(M ،V)
بسیار زیاد	(۰/۹ ،۰/۱)
زیاد	(۰/۷ ،۰/۳)
متوسط	(۰/۵ ،۰/۵)
کم	(۰/۳ ،۰/۷)
خیلی کم	(۰/۹ ،۰/۱)

گام دوم نرمال‌سازی ماتریس روابط: اگر r_{ij} در ماتریس روابط خروجی رابطه ۲ و w وزن هر استراتژی تولید پایدار در ماتریس روابط در نظر گرفته شود بنابراین رابطه ٦ و ٧ برای نرمال سازی استفاده خواهد شد[۲۹].

$$S_i=\sum_{j=1}^{n}(w_i\, r_{ij}) \quad (٦)$$

$$p_i=\sum_{j=1}^{n}(r_{ij})^{w_j} \quad (٧)$$

گام سوم تعیین امتیازات ارزیابی گزینه‌ها: با استفاده از سه استراتژی ارزیابی، امتیاز نهایی گزینه‌ها داده می‌شود. رابطه ۸ میانگین حسابی S_i و p_i را بیان می‌کند. رابطه ۹ در مقایسه با بدترین‌ها S_i و p_i را ارزیابی می‌کند. و رابطه ۱۰ حالت مصالحه برای S_i و p_i با در نظر گرفتن λ بیان می‌دارد. معمولا در حالت نرمال λ برابر با ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود [۳۰].

$$k_{ia}=\frac{p_i+s_i}{\sum_{i=1}^{m}(p_i+s_i)} \quad (٨)$$

$$k_{ib}=\frac{s_i}{\min s_i}+\frac{p_i}{\min p_i} \quad (٩)$$

---

[۱] Simple Additive Weighting

[۲]

$$k_{ic}=\frac{\lambda s_i(1-\lambda)p_i}{\lambda \max s_i+(1-\lambda)\max p_i} \quad (10)$$

تعیین امتیاز نهایی و رتبه بندی الزامات فنی مطابق با رابطه ١١ صورت می‌گیرد. بر اساس رابطه ١١ فرایندهای شرکت سایپا اولویت‌دهی و مهم‌ترین فرایندها برای پیاده‌سازی استراتژی تولید پایدار ارائه می‌شوند.

$$k_i= (k_{ia}\ k_{ib}\ k_{ic})^{1/3} + \frac{1}{3}(k_{ia}+ k_{ib}+ k_{ic}) \quad (11)$$

۴- یافته‌های پژوهش

استراتژی‌های تولید پایدار بر اساس مدل اسلک و لوئیس در جدول ٤ ارائه شده‌اند که منطبق با رویکرد پایداری طراحی گردیده‌اند. در جدول ٤ ابتدا خانه‌های با اهمیت در ماتریس توسط پنل خبرگان انتخاب شده‌اند و سپس برای هر خانه، استراتژی تولید پایدار بر اساس تراوش فکری خبرگان ارائه گردیده است. طبق جدول ٤ استراتژی‌های تولید پایدار شرکت سایپا در بعد اجتماعی شامل مسئولیت‌پذیری، در بعد اقتصادی شامل تحویل سریع، انعطاف‌پذیری محصولات، انعطاف‌پذیری تولید، بهره‌وری مواد و بهره‌وری منابع و در بعد زیست محیطی شامل بهره وری زیست محیطی، کمترین ضایعات و عملکرد سبز است. این استراتژی‌ها با اهداف پایداری و استراتژی‌های بالادستی شرکت همراستا است.

جدول ۴ : استراتژی‌های تولید پایدار شرکت سایپا

اهداف عملکردی	**کیفیت**			مسئولیت پذیری [٥]	
	سرعت عمل			تحویل سریع [٥]	
	قابلیت اعتمادپذیری	بهره وری زیست محیطی [٨]	کمترین ضایعات [٨]		عملکرد سبز [٦]
	قابلیت انعطاف‌پذیری		انعطاف‌پذیری محصولات [٥] انعطاف‌پذیری تولید [٥]		
	هزینه			بهره‌وری مواد [٨ و ١٧]	بهره‌وری منابع [٨]
		توسعه و سازماندهی توسعه پایدار	**تکنولوژی فرایند فرایند سبز تکنولوژی سبز**	**شبکه تامین لجستیک معکوس شبکه تامین پایدار**	**ظرفیت کارکنان چند وظیفه‌ای قابلیت پایدار**
		حوزه‌های تصمیم			

در پژوهش حاضر اقدام به پیاده‌سازی این استراتژی در فرایندهای تولیدی شرکت سایپا شده است. سامانه تولید فعلی شرکت مورد اجرا است که باید استراتژی‌ها در سامانه تولید پیاده‌سازی شود. هدف پایدار ساختن سیستم‌های تولید است و برای پیاده‌سازی این استراتژی فرایندهای اساسی سامانه تولید احصا شده‌اند و بر اساس QFD اولویت‌دهی شده‌اند.

ابتدا بر اساس روش سورا فازی شهودی استراتژی تولید پایدار وزن‌دهی شده‌اند. مطابق با جدول ۵ وزن نهایی استراتژی‌های تولید پایدار ارائه می‌شود.

جدول ۵: وزن استراتژی‌های تولید پایدار در شرکت سایپا با استفاده سوارا فازی شهودی

استراتژی‌ها	*IFWA* V	*IFWA* M	D_J	S_J	K_J	q_j	وزن نهایی
عملکرد سبز (A_1)	۰/۱	۰/۹	۰/۹	-	۱	۱	۰/۱۷۲
کمترین ضایعات (A_2)	۰/۱۳۲	۰/۸۶۸	۰/۸۶۸	۰/۰۳۲	۱/۰۳۲	۰/۹۶۹	۰/۱۶۶
بهره‌وری منابع (A_3)	۰/۱۷۸	۰/۸۲۲	۰/۸۲۲	۰/۰۴۶	۱/۰۷۸	۰/۸۹۹	۰/۱۵۴
تحویل سریع (A_4)	۰/۲۲۲	۰/۷۷۸	۰/۷۷۸	۰/۰۴۴	۱/۱۲۲	۰/۸۰۱	۰/۱۳۸
انعطاف‌پذیری تولید (A_5)	۰/۲۵۵	۰/۷۴۵	۰/۷۴۵	۰/۰۳۳	۱/۱۵۵	۰/۶۹۳	۰/۱۱۹
بهره وری زیست محیطی (A_6)	۰/۳۵۲	۰/۶۴۸	۰/۶۴۸	۰/۰۹۷	۱/۲۵۲	۰/۵۵۴	۰/۰۹۵
انعطاف‌پذیری محصولات (A_7)	۰/۴۵۷	۰/۵۴۳	۰/۵۴۳	۰/۱۰۵	۱/۳۵۷	۰/۴۰۸	۰/۰۷
بهره‌وری مواد (A_8)	۰/۴۹۲	۰/۵۰۸	۰/۵۰۸	۰/۰۳۵	۱/۳۹۲	۰/۲۹۳	۰/۰۵
مسئولیت پذیری (A_9)	۰/۵۱۴	۰/۴۸۶	۰/۴۸۶	۰/۰۲۲	۱/۴۱۴	۰/۲۰۷	۰/۰۳۶

در جدول ۵ میانگین امتیازات خبرگان به صورت فازی شهودی در ۲ حالت درجه عضویت (M) و درجه عدم عضویت (V) ارائه و منطبق با روش سوارا فازی شهودی در روش‌شناسی پژوهش به امتیازات قطعی تبدیل شده‌اند. سه استراتژی تولید عملکرد سبز، کمترین ضایعات و بهره‌وری منابع به ترتیب بیشترین وزن‌ها را به خود اختصاص داده‌اند بنابراین این استراتژی‌ها از اهمیت بیشتری در اجرای فرایندهای تولیدی خواهند داشت.

مبتنی با مصاحبه با خبرگان و تحلیل اسناد و مدارک، عملیات تولیدی شرکت سایپا شامل ۶ فرایند اساسی به ترتیب زیر هستند. ۱) **فرایند سفارش قطعات**: شامل کلیه سفارش‌های خرید قطعات است. ۲) **عملیات پرس و بدنه سازی**: در این عملیات ورق‌های خام طی عملیات مختلف پرس به مجموعه قطعات بدنه تبدیل می شود. ۳) **عملیات رنگ کاری**: پس از نهایی‌شدن بدنه خودرو، بدنه‌های تولید شده توسط دو خط رنگ جدید و قدیم طی چندین مرحله و از طریق

استخرهای رنگ و ربات‌های پاشش رنگ و آستر عملیات رنگ نهایی می‌شوند و در استوک بدنه‌های رنگ شده قرار می‌گیرند. ۴) **عملیات مونتاژ**: در این مرحله بدنه‌های رنگ شده بر اساس برنامه تولید در دو خط مونتاژی قرار گرفته و عملیات سیم‌کشی خودرو، تجهیز تزئینات داخلی، استقرار موتور و گیربکس و ... صورت می‌پذیرد. لازم به توضیح است موتور، گیربکس و اکسل خودرو در شرکت جداگانه تولید شده و به شرکت مادر انتقال می‌یابد. ۵) **عملیات روتوش خودرو**: خط تولید مونتاژ عملیاتی پیوسته و بدون توقف است ممکن است خودرو با کیفیت مورد نظر از خطوط مونتاژ بیرون نیامده و یا به دلیل عدم تغذیه مناسب خطوط، خودرو به صورت ناقص تولید گردد. لذا در عملیات روتوش، کلیه نواقص خودرو رفع شده و پس آن آماده انتقال به پارکینگ‌های فروش می‌گردد. ۶) **لجستیک داخلی**: با توجه به پراکندگی موجود در تامین مواد و قطعات و جابجایی و حمل قطعات و حمل خودرو تولیدی بین کارخانه و شبکه فروش، لجستیک و حمل و نقل اهمیت ویژه‌ای در شرکت سایپا دارد.

این فرایندها بر اساس روش QFD با استراتژی‌های تولید پایدار ارتباطدهی شده‌اند. ابتدا ماتریس روابط تشکیل گردیده و سپس با استفاده از روش کوکوسو فازی شهودی اولویت‌دهی گردیده‌اند.

در جدول ٥ تجمیع نظر خبرگان منطبق با عملگر فازی‌شهودی (رابطه ۱) انجام شده است و در ماتریس روابط اولیه قرار گرفته است. در این ماتریس درجه عضویت و عدم عضویت منطبق با مجموعه‌های فازی شهودی ارائه شده و ماتریس روابط اولیه فازی شهودی شکل گرفته است. در مرحله بعد ماتریس نرمال روابط محاسبه گردیده است. منطبق با روابط ٦ و ۷ ماتریس نرمال ضربی (S) در جدول ۷ و ماتریس نرمال توانی (P) در جدول ۸ به دست‌آمده است.

در جدول ۷ ماتریس روابط نرمال ضربی شکل گرفته است. بدین ترییب که وزن‌های هر استراتژی تولید پایدار در جدول ٦ ضرب شده و ماتریس روابط نرمال ارائه شده است. در جدول ۸ ماتریس نرمال توانی به دست آمده است. ماتریس روابط اولیه (جدول ٦) به توان وزن استراتژی‌های تولید پایدار (جدول ٥) رسیده است. بنابراین دو ماتریس روابط نرمال S و p به دست آمده‌اند.

جدول ۶: ماتریس روابط اولیه فازی شهودی

عملیات مونتاژ		عملیات روتوش خودرو		سفارش قطعه		وزن	استراتژی‌ها
V	M	V	M	V	M		
٣٦٨/٠	٠/٦٣٢	٩٠٠/٠	١٠٠/٠	٧٧٤/٠	٢٢٦/٠	٠/١٧٢	A١
٤٦٦/٠	٥٣٤/٠	٧٠٠/٠	٣٠٠/٠	٦٣٣/٠	٣٦٧/٠	٠/١٦٦	A٢
٤٠٨/٠	٥٩٢/٠	٠/٧٧٤	٢٢٦/٠	٨١٤/٠	١٨٦/٠	٠/١٥٤	A٣
٣٠٠/٠	٧٠٠/٠	٠/٧٧٤	٢٢٦/٠	٣٠٠/٠	٧٠٠/٠	٠/١٣٨	A٤
١٩٣/٠	٨٠٧/٠	٠/٨١٤	١٨٦/٠	٥٧٢/٠	٤٢٨/٠	٠/١١٩	A٥
٩٠٠/٠	١٠٠/٠	٠/٨١٤	١٨٦/٠	١٠٠/٠	٩٠٠/٠	٠/٠٩٥	A٦
١٥٥/٠	٨٤٥/٠	٤٢١/٠	٥٧٩/٠	٣٦٨/٠	٦٣٢/٠	٠/٠٧٠	A٧
٣٦٨/٠	٦٣٢/٠	٩٠٠/٠	١٠٠/٠	١٥٥/٠	٨٤٥/٠	٠/٠٥٠	A٨
٨١٤/٠	١٨٦/٠	٥٧٢/٠	٤٢٨/٠	٥٧٢/٠	٤٢٨/٠	٠/٣٦٠	A٩
لجستیک داخلی		**عملیات پرس و بدنه‌سازی**		**عملیات رنگ کاری**		**وزن**	**استراتژی‌ها**
V	**M**	**V**	**M**	**V**	**M**		
٠/٩٠٠	٠/١٠	٤٠٨/٠	٥٩٢/٠	٧٠٠/٠	٣٠٠/٠	٠/١٧٢	A١
٠/٨١٤	٠/١٨٦	٣٠٠/٠	٧٠٠/٠	٧٠٠/٠	٣٠٠/٠	٠/١٦٦	A٢
٣٠٠/٠	٧٠٠/٠	٤٠٨/٠	٥٩٢/٠	٥٠٠/٠	٥٠٠/٠	٠/١٥٤	A٣
١٠٠/٠	٩٠٠/٠	١٩٣/٠	٨٠٧/٠	٦١٢/٠	٣٨٨/٠	٠/١٣٨	A٤
٣٠٠/٠	٧٠٠/٠	١٠٠/٠	٩٠٠/٠	٣٦٨/٠	٦٣٢/٠	٠/١١٩	A٥
٩٠٠/٠	١٠٠/٠	٩٠٠/٠	١٠٠/٠	٧٠٠/٠	٣٠٠/٠	٠/٠٩٥	A٦
٧١١/٠	٢٨٩/٠	١٠٠/٠	٩٠٠/٠	٣٦٨/٠	٦٣٢/٠	٠/٠٧٠	A٧
٩٠٠/٠	١٠٠/٠	٥٧٢/٠	٤٢٨/٠	٨١٤/٠	١٨٦/٠	٠/٠٥٠	A٨
٩٠٠/٠	١٠٠/٠	١٩٠/٠	٨١٠/٠	٤٦٦/٠	٥٣٤/٠	٠/٣٦٠	A٩

جدول ۷: ماتریس روابط نرمال **S**

لجستیک داخلی		عملیات پرس و بدنه‌سازی		عملیات رنگ کاری		عملیات مونتاژ		عملیات روتوش خودرو		سفارش قطعه		استراتژی‌ها
V	**M**	**V**	**M**	**V**	**M**	**V**	**M**	**V**	**M**	**V**	**M**	
١٥٥/٠	٠١٧/٠	٠٧٠/٠	١٠٢/٠	١٢٠/٠	٠٥٢/٠	٠٦٣/٠	١٠٩/٠	١٥٥/٠	٠١٧/٠	١٣٣/٠	٠٣٩/٠	A١

استراتژی‌ها	سفارش قطعه		عملیات روتوش خودرو		عملیات مونتاژ		عملیات رنگ کاری		عملیات پرس و بدنه‌سازی		لجستیک داخلی	
	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
A٢	٠٦١/٠	١٠٥/٠	٠٥٠/٠	١١٦/٠	٠٨٩/٠	٠٧٧/٠	٠٥٠/٠	١١٦/٠	١١٦/٠	٠٥٠/٠	٠٣١/٠	١٣٥/٠
A٣	٠٢٩/٠	١٢٥/٠	٠٣٥/٠	١١٩/٠	٠٩١/٠	٠٦٣/٠	٠٧٧/٠	٠٧٧/٠	٠٩١/٠	٠٦٣/٠	١٠٨/٠	٠٤٦/٠
A٤	٠٩٧/٠	٠٤١/٠	٠٣١/٠	١٠٧/٠	٠٩٧/٠	٠٤١/٠	٠٥٤/٠	٠٨٤/٠	١١١/٠	٠٢٧/٠	١٢٤/٠	٠١٤/٠
A٥	٠٥١/٠	٠٦٨/٠	٠٢٢/٠	٠٩٧/٠	٠٩٦/٠	٠٢٣/٠	٠٧٥/٠	٠٤٤/٠	١٠٧/٠	٠١٢/٠	٠٨٣/٠	٠٣٦/٠
A٦	٠٨٦/٠	٠٠٩/٠	٠١٨/٠	٠٧٧/٠	٠١٠/٠	٠٨٦/٠	٠٢٩/٠	٠٦٧/٠	٠١٠/٠	٠٨٦/٠	٠١٠/٠	٠٨٦/٠
A٧	٠٤٤/٠	٠٢٦/٠	٠٤١/٠	٠٢٩/٠	٠٥٩/٠	٠١١/٠	٠٤٤/٠	٠٢٦/٠	٠٦٣/٠	٠٠٧/٠	٠٢٠/٠	٠٥٠/٠
A٨	٠٤٢/٠	٠٠٨/٠	٠٠٥/٠	٠٤٥/٠	٠٣٢/٠	٠١٨/٠	٠٠٩/٠	٠٤١/٠	٠٢١/٠	٠٢٩/٠	٠٠٥/٠	٠٤٥/٠
A٩	٠١٥/٠	٠٢١/٠	٠١٥/٠	٠٢١/٠	٠٠٧/٠	٠٢٩/٠	٠١٩/٠	٠١٧/٠	٠٢٩/٠	٠٠٧/٠	٠٠٤/٠	٠٣٢/٠

برای اولویت‌دهی عوامل ابتدا امتیازات فازی شهودی به قطعی تبدیل شده و منطبق با سه استراتژی k_{ia}، k_{ic} و k_{ic} گزینه‌ها امتیازدهی نهایی شده‌اند. فرایندهای بر اساس K_i و رابطه ۱۱ اولویت‌دهی شده‌اند (جدول ۹).

جدول ۸: ماتریس روابط نرمال **P**

استراتژی‌ها	سفارش قطعه		عملیات روتوش خودرو		عملیات مونتاژ		عملیات رنگ کاری		عملیات پرس و بدنه‌سازی		لجستیک داخلی	
	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
A١	٧٧٤/٠	٩٥٧/٠	٦٧٣/٠	٩٨٢/٠	٩٢٤/٠	٨٤٢/٠	٨١٣/٠	٩٤٠/٠	٩١٤/٠	٨٥٧/٠	٦٧٣/٠	٩٨٢/٠
A٢	٨٤٧/٠	٩٢٧/٠	٨١٩/٠	٩٤٣/٠	٩٠١/٠	٨٨١/٠	٨١٩/٠	٩٤٣/٠	٩٤٣/٠	٨١٩/٠	٧٥٦/٠	٩٦٦/٠
A٣	٧٧٢/٠	٩٦٩/٠	٧٩٥/٠	٩٦١/٠	٩٢٣/٠	٨٧١/٠	٨٩٩/٠	٨٩٩/٠	٩٢٣/٠	٨٧١/٠	٩٤٧/٠	٨٣١/٠
A٤	٩٥٢/٠	٨٤٧/٠	٨١٤/٠	٩٦٥/٠	٩٥٢/٠	٨٤٧/٠	٨٧٨/٠	٩٣٤/٠	٩٧١/٠	٧٩٧/٠	٩٨٦/٠	٧٢٨/٠
A٥	٩٠٤/٠	٩٣٦/٠	٨١٩/٠	٩٧٦/٠	٩٧٥/٠	٨٢٢/٠	٩٤٧/٠	٨٨٨/٠	٩٨٨/٠	٧٦٠/٠	٩٥٨/٠	٨٦٧/٠
A٦	٩٩٠/٠	٨٠٤/٠	٨٥٢/٠	٩٨١/٠	٨٠٤/٠	٩٩٠/٠	٨٩٢/٠	٩٦٧/٠	٨٠٤/٠	٩٩٠/٠	٨٠٤/٠	٩٩٠/٠
A٧	٩٦٨/٠	٩٣٢/٠	٩٦٢/٠	٩٤١/٠	٩٨٨/٠	٨٧٨/٠	٩٦٨/٠	٩٣٢/٠	٩٩٣/٠	٨٥١/٠	٩١٧/٠	٩٧٦/٠
A٨	٩٩٢/٠	٩١١/٠	٨٩١/٠	٩٩٥/٠	٩٧٧/٠	٩٥١/٠	٩١٩/٠	٩٩٠/٠	٩٥٨/٠	٩٧٢/٠	٨٩١/٠	٩٩٥/٠
A٩	٩٧٠/٠	٩٨٠/٠	٩٧٠/٠	٩٨٠/٠	٩٤١/٠	٩٩٣/٠	٩٧٨/٠	٩٧٣/٠	٩٩٢/٠	٩٤٢/٠	٩٢٠/٠	٩٩٦/٠

جدول ۹ : اولویت نهایی فرایندهای تولید شرکت سایپا

لجستیک داخلی	عملیات پرس و بدنه‌سازی	عملیات رنگ کاری	عملیات مونتاژ	عملیات روتوش خودرو	سفارش قطعه	
٤٠١/٠	٦٥٠/٠	٤٠٨/٠	٥٨٨/٠	٢٣٣/٠	٤٦٣/٠	SAW
٠/٤٨٥	٠/٥١٩	٠/٤٨٩	٠/٥٠٩	٠/٤٦٥	٠/٤٩٧	WPM
٠/١٥٥	٠/٢٠٥	٠/١٥٧	٠/١٩٢	٠/١٢٢	٠/١٦٨	k_{ia}
٢/٧٦١	٣/٩	٢/٧٩٩	٣/٦١١	٢	٣/٠٥١	K_{ib}
٠/٨٣	٠/١٤٤	٠/٠٨٥	٠/١٢٨	٠/٠٤٦	٠/٠٩٨	k_{ic}
١/٣٢٣	١/٨٩٢	١/٣٤٢	١/٧٤٧	٠/٩٤٤	١/٤٦٨	COCOSO
٥	١	٤	٢	٦	٣	اولویت

منطبق با جدول ۹ اولویت فرایندهای تولید شرکت سایپا برای پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار به ترتیب ۱) عملیات پرس و بدنه‌سازی، ۲) عملیات مونتاژ، ۳) سفارشات قطعات، ٤) عملیات رنگ‌کاری، ٥) لجستیک داخلی و ٦)عملیات روتوش خودرو هستند. برای تایید مدل کوکوسو فازی شهودی، میانگین سه روش جمع وزنی ساده (SAW) و مدل ضرب وزنی (WPM) با کوکوسو محاسبه گردیده و پس از محاسبه واریانس، کمترین اختلاف را روش کوکوسو داشته است مطابق با شکل ٤. هر روشی که کمترین اختلاف را دارد در نتیجه پراکندگی کمتری دارد و نتایج آن قابل اتکا است. روش کوکوسو بهترین نتیجه را به دست آورده و پراکندگی کمتری دارد.

شکل ۴: مقایسه واریانس سه روش **SAW**، **WPM** و کوکوسو

برای پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار شرکت سایپا، عملیات پرس و بدنه‌سازی دارای بیشترین اولویت است. بنابراین این فعالیت باید با در نظرگرفتن استراتژی‌های تولید پایدار اصلاح و باز طراحی شود. سپس فرایند مونتاژ از اولویت بعدی برخوردار بوده و عملیات مونتاژ منطبق الگوی پایداری باید تنظیم شود. اولویت سوم سفارشات قطعات است که باید قطعاتی که سفارش داده می‌شود منطبق با الگوی پایداری باشد. سایر عملیات در مراحل بعدی است که در صورت صلاحدید، باید اصول پایداری پیاده شود.

۵- نتیجه‌گیری

امروزه رویکرد پایداری از الزامات اساسی تولید در صنایع مختلف است. برای پیاده‌سازی تولید پایدار نیاز است که استراتژی‌ها تولید سازمان نیز منطبق با این رویکرد باشد در این راستا ابتدا لازم است استراتژی‌های تولید پایدار تدوین و سپس پیاده‌سازی شوند. در این پژوهش استراتژی‌های تولید پایدار شرکت سایپا با استفاده از مدل اسلک و لوئیس تدوین و سپس بر اساس ترکیب روش‌های QFD، سوارا فازی شهودی و کوکوسو فازی شهودی در فرایندهای شرکت سایپا پیاده‌سازی شده‌اند.

نه استراتژی تولید پایدار شامل «مسئولیت پذیری، تحویل سریع، بهره وری زیست محیطی، کمترین ضایعات، عملکرد سبز، انعطاف‌پذیری محصولات، انعطاف‌پذیری تولید، بهره‌وری مواد و بهره‌وری منابع» برای شرکت سایپا تدوین شده است که بعد اجتماعی شامل مسئولیت پذیری، بعد اقتصادی شامل تحویل سریع، انعطاف‌پذیری محصولات، انعطاف‌پذیری تولید، بهره‌وری مواد و بهره‌وری منابع و بعد زیست محیطی شامل بهره‌وری زیست محیطی، کمترین ضایعات و عملکرد سبز است.

استراتژی‌های تولید پایدار شرکت سایپا با استفاده از سوارا فازی شهودی وزن‌دهی شده‌اند. پنج استراتژی عملکرد سبز، کمترین ضایعات، بهره‌وری منابع، تحویل سریع، انعطاف‌پذیری تولید به ترتیب بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند و این استراتژی‌ها برای شرکت سایپا اهمیت بالایی دارند. استراتژی‌های تولید پایدار می تواند شرکت را در زمینه بهره‌مندی از مزیت اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی کمک کند و با توجه به اینکه چالش‌های فراوانی کسب و کارها را تهدید می‌کنند با این رویکرد شرکت در مقابل بحران‌ها عملکرد بهتری می تواند داشته باشد.

بر اساس تکنیک کوکوسو فازی شهود ماتریس روابط تشکیل شده و نتایج نشان می‌دهد که فرایندها به ترتیب اولویت ۱) عملیات پرس و بدنه‌سازی، ۲) عملیات مونتاژ، ۳) سفارشات قطعات، ٤) عملیات رنگ‌کاری، ٥) لجستیک داخلی و ٦)عملیات روتوش خودرو هستند.

در این پژوهش سه فرایند عملیات پرس و بدنه‌سازی، عملیات مونتاژ و سفارشات قطعات از اهمیت بیشتری در اجرایی کردن استراتژی تولید پایدار برای شرکت سایپا داشته‌اند. با توجه به اینکه عملیات پرس و بدنه سازی مستقیم با ساخت قطعات در شرکت سر و کار دارد بنابراین در تولید پایدار اهمیت بالایی دارد. عملیات مونتاژ نیز دارای اهمیت است که ساخت محصول نهایی با مونتاژ قطعات مختلف در این مرحله انجام می‌گیرد بنابراین لازم است که پایداری در این فرایند نیز در نظرگرفته شود. در تولید پایدار، سفارش قطعات منطبق با الزامات محیطی و اجتماعی بسیار اهمیت دارد. عملیات سفارش قطعات نیز دارای اولویت شده است.

این پژوهش مطابق پژوهش عبدالرشد و همکاران (۲۰۰۸) [۸] چهار استراتژی تولید پایدار شامل بهره‌وری زیست محیطی، کمترین ضایعات، بهره‌وری منابع و بهره‌وری موارد را در مرحله تدوین استراتژی تایید نموده است ولی علاوه بر این عوامل پنج استراتژی تولید پایدار

دیگر نیز معرفی نموده است. این مقاله استراتژی عملکرد سبز مطابق با مطالعه اکامپو[۱] (۲۰۱۹) [٦] به عنوان استراتژی تولید پایدار معرفی نموده است ولی هشت استراتژی تولید پایدار علاوه بر عملکرد سبز نیز معرفی نموده است. استراتژی بهره‌وری منابع در مقاله اکامپو (۲۰۱۷) [۱۷] به عنوان شاخص استراتژی تولید پایدار معرفی شده که در این پژوهش نیز مورد تایید قرار گرفته است و هشت استراتژی تولید پایدار جدید نیز ارائه گردیده است. پژوهش حاضر مطابق با پژوهش مچی و همکاران (۲۰۲۰) [٥] چهار استراتژی تولید مسئولیت‌پذیری، تحویل سریع، انعطاف‌پذیری تولید و انعطاف‌پذیری محصول را تایید نموده است که پنج استراتژی دیگر نیز ارائه گردیده است. این پژوهش در مقایسه با مقالات قبلی، استراتژی‌های تولید پایدار را وزن‌دهی نموده است و علاوه بر آن در فرایندهای تولید شرکت سایپا نیز پیاده‌سازی نموده است. در مطالعه حاضر سعی شده به نسبت پژوهش‌های قبلی که صرفا به ارائه استراتژی‌های تولید پایدار اقدام نموده‌اند فضای اجرایی نیز بررسی شود. بنابراین فرایندهای تولیدی شرکت سایپا احصا شده‌اند و جهت پیاده‌سازی استراتژی‌های تولید پایدار اولویت فرایندها مشخص گردیده‌اند که باعث می‌شود از نظر اجرایی شرکت‌ها بتوانند اولویت‌های فرایندی خود را تشخیص و متناسب با آن برای دستیابی به پایداری برنامه‌ریزی انجام دهند. بنابراین این پژوهش انتقال استراتژی تولید پایدار به بخش پیاده‌سازی را نیز مدنظر قرار داده است.

پیشنهادهای زیر جهت پژوهش‌های آتی ارائه می‌گردد.

مدیریت عملیات پایدار شامل اصول طراحی محصول پایدار ، فرایند و زنجیره تامین پایدار و جایابی و تسهیلات تولید پایدار است. در پژوهش حاضر مرحله پیاده سازی فرایندها انجام گرفته است لذا توصیه می شود در پژوهش های آتی سایر اصول نیز مورد بررسی قرار گیرد.

بررسی سامانه‌های تولید شرکت سایپا منطبق با پارادایم استراتژی تولید پایدار.

استفاده از رویکردهای دیگر فازی مانند فازی مردد و ... در پیاده سازی استراتژی‌های تولید پایدار.

[۱] Ocampo

۶- منابع

[۱] Chatha, K.A. and Butt, I. (۲۰۱۵), "Themes of study in manufacturing strategy literature", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. ۳۵ No. ٤, pp. ٦٠٤-٦٩٨. https://doi.org/۱۰.۱۱۰۸/ijopm-۰۷-۲۰۱۳-۰۳۲۸

[۲] Sivaiah, P., Chakradhar, D., & Narayanan, R. G. (۲۰۲۳). Sustainable manufacturing strategies in machining. Sustainable Manufacturing Processes, ۱۱۳-۱٥٤. https://doi.org/۱۰.۱۰۱٦/b۹۷۸-۰-۳۲۳-۹۹۹۹۰-۸.۰۰۰۱۳-۸

[۳] Ali, S. S., Kaur, R., Persis, D. J., Saha, R., Pattusamy, M., & Sreedharan, V. R. (۲۰۲۰). Developing a hybrid evaluation approach for the low carbon performance on sustainable manufacturing environment. Annals of Operations Research, ۳۲٤(۱-۲), ۲٤۹-۲۸۱. https://doi.org/۱۰.۱۰۰۷/s۱۰٤۷۹-۰۲۰-۰۳۸۷۷-۱

[٤] Brundtland, G. H. (۱۹۸۷). *Report of the world commission on environment and development: Our common future*. Oxford: Oxford *University Press*. https://doi.org/۱۰,۹۷۷٤/gleaf.۹۷۸-۱-۹۰۷٦٤۳-٤٤-٦_۱۲

[٥] Macchi, M., Savino, M. and Roda, I. (۲۰۲۰) 'Analysing the support of sustainability within the manufacturing strategy through multiple perspectives of different business functions', Journal of Cleaner Production. Elsevier, ۲٥۸, p. ۱۲۰۷۷۱. doi: ۱۰,۱۰۱٦/J.JCLEPRO.۲۰۲۰,۱۲۰۷۷۱.

[٦] Ocampo, L. A. (۲۰۱۹). Applying fuzzy AHP–TOPSIS technique in identifying the content strategy of sustainable manufacturing for food production. Environment, *Development and Sustainability*, ۲۱(٥), ۲۲۲٥-۲۲٥۱. https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۱۰٦٦۸-۰۱۸-۰۱۲۹-۸

[۷] Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Foroughi, B., Tirkolaee, E. B., Asadi, S., & Amran, A. (۲۰۲۳). Industry ٥,۰ implications for inclusive sustainable manufacturing: An evidence-knowledge-based strategic roadmap. *Journal of Cleaner Production*, *417*, ۱۳۸۰۲۳. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jclepro.۲۰۲۳,۱۳۸۰۲۳

[۸] Abdul Rashid, S. H., Evans, S., & Longhurst, P. (۲۰۰۸). *A comparison of four sustainable manufacturing strategies*. International Journal of Sustainable Engineering, ۱(۳), ۲۱٤–۲۲۹. https://doi.org/۱۰,۱۰۸۰/۱۹۳۹۷۰۳۰۸۰۲٥۱۳۸۳٦

[۹] Worrell, E., Bernstein, L., Roy, J., Price, L., & Harnisch, J. (۲۰۰۹). Industrial energy efficiency and climatechange mitigation. Energy Efficiency, ۲, ۱۰۹–۱۲۳. https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۱۲۰٥۳-۰۰۸-۹۰۳۲-۸

[۱۰] Bhat, F. A., & Parvez, S. (۲۰۲٤). Evaluating industry ٤,۰'s sustainable performance and its impact on the manufacturing strategies. *Proceedings of the*

Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology, doi: ۱۳٥۰٦٥۰۱۲٤۱۲٥۲٤۹۰.

[۱۱] Khatri, J. K., & Metri, B. (۲۰۱٦). SWOT-AHP approach for sustainable manufacturing strategy selection: a case of Indian SME. Global Business Review, ۱۷(٥), ۱۲۱۱–۱۲۲٦. https://doi.org/۱۰.۱۱۷۷/۰۹۷۲۱٥۰۹۱٦٦٥٦٦۹۳

[۱۲] Jorge A. Vivares, William Sarache, Jorge E. Hurtado, (۲۰۱۸) "A maturity assessment model for manufacturing systems", Journal of Manufacturing Technology Management. https://doi.org/۱۰,۱۱۰۸/jmtm-۰۷-۲۰۱۷-۰۱٤۲

[۱۳] Arafa, A. and ElMaraghy, W.H. (۲۰۱۱), "*Manufacturing strategy and enterprise dynamic capability",* CIRP Annals – Manufacturing Technology, Vol. ٦۰ No. ۱, pp. ٥۰۷-٥۱۰. https://doi.org/۱۰,۱۱۰۸/jmtm-۰۷-۲۰۱۷-۰۱٤۲

[۱٤] Groover, M.P. (۲۰۱۰), Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials Processes, and Systems, ٤th ed., John Wiley & Sons, New York, NY.

[۱٥] Mollazadeh Yazdani, B., Pooya, A. (۲۰۱٦). A longitudinal study of changes in manufacturing strategy in production firms of IRAN during horizon ۲۰۱۰-۲۰۱٦, *Modern Research in Decision Making*, ۱(۲), ۱۷۱-۱۹۳. [in Persian]

[۱٦] Dohale, Vishwas, Angappa Gunasekaran, Milind M. Akarte, and Priyanka Verma. (۲۰۲۰). "Twenty-five Years' Contribution of "Benchmarking: an International Journal" to Manufacturing Strategy: A Scientometric Review." *Benchmarking: An International Journal* ۲۷ (۱۰). doi: ۲۸۸۷–۲۹۰۸. doi:۱۰,۱۱۰۸/BIJ-۰٦-۲۰۲۰-۰۳۱٦.

[۱۷*]* Dohale, V., Gunasekaran, A., Akarte, M. M., & Verma, P. (۲۰۲۲). ٥۲ Years of manufacturing strategy: an evolutionary review of literature (۱۹٦۹–۲۰۲۱). *International Journal of Production Research, 60(2), 569-594. https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1971788*

[۱۸] Slack, N., & Lewis, M. (۲۰۱۱). Operations strategy. Pearson Education.

[۱۹] Despeisse, M., Ball, P. D., Evans, S., & Levers, A. (۲۰۱۲). *Industrial ecology at factory level-a conceptual model.* Journal of Cleaner Production, ۳۱, ۳۰–۳۹. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jclepro.۲۰۱۲,۰۲,۰۲۷

[۲۰] Ageron, B., Gunasekaran, A., & Spalanzani, A. (۲۰۱۲). *Sustainable supply chain management. An empirical study.* International Journal of Production Economics, ۱٤۰, ۱٦۸–۱۸۲. https://doi.org/۱۰.۱۰۱٦/j.ijpe.۲۰۱۱.۰٤.۰۰۷

[۲۱] Ocampo, L. (۲۰۱۷). A probabilistic fuzzy analytic network process approach (PROFUZANP) in formulating sustainable manufacturing strategy infrastructural

decisions under firm size influence. International Journal of Management Science and Engineering Management, ۱۳(۳), ۱۵۸-۱۷٤. https://doi.org/۱۰,۱۰۸۰/۱۷۵۰۹٦۵۳,۲۰۱۷,۱۳٤۵۳۳٤

[۲۲] De Alwis, A. M. L., De Silva, N., & Samaranayake, P. (۲۰۲٤). Industry ٤,۰-enabled sustainable manufacturing: current practices, barriers and strategies. *Benchmarking: An International Journal*, *31*(٦), ۲۰٦۱-۲۰۸۹. https://doi.org/۱۰,۱۱۰۸/bij-۰۱-۲۰۲۳-۰۰٦۵

[۲۳] Saunders , Mark ; Lewis, Philip; Thornhill, Adrian (۲۰۰۹). Research methods for business students. Fifth edition. Harlow: Pearson Education

[۲٤] Mishra, A. R., Rani, P., Pandey, K., Mardani, A., Streimikis, J., Streimikiene, D., & Alrasheedi, M. (۲۰۲۰). Novel multi-criteria intuitionistic fuzzy SWARA–COPRAS approach for sustainability evaluation of the bioenergy production process. Sustainability, ۱۲(۱۰), ٤۱۵۵. https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/su۱۲۱۰٤۱۵۵

[۲۵] Fazli, S., jamaati tafti, H. (۲۰۱۷). Preprocessing Multiple Criteria Decision-Making Using Data Mining (Case Study: Selection of third party logistic in outsourcing warranty services of an electronic facilities company). *Modern Research in Decision Making*, ۲(۳), ۲۱۵-۲۳۹. [in Persian]

[۲٦] Garg, H., Vimala, J., Rajareega, S., Preethi, D., & Perez-Dominguez, L. (۲۰۲۲). Complex intuitionistic fuzzy soft SWARA-COPRAS approach: An application of ERP software selection. AIMS Math, ۷(٤), ۵۸۹۵-۵۹۰۹. https://doi.org/۱۰,۳۹۳٤/math.۲۰۲۲۳۲۷

[۲۷] loghman estarki, S., Yazdani, H, R., Hakim, A. (۲۰۱۹), The design of Strategy implementation Framework Based on IT Capabilities (Case study: An Iranian bank), Management Research in Iran, ۲۳(۳), ۷۵-۱۰۳. [in Persian]

[۲۸] akbari, M., Ghazinoory, S. (۲۰۱۱). Translating Strategy into Action; A Dynamic QFD Application with Third – Generation Balanced Scorecard Approach, *Management Research in Iran*, , ۱۵(۳), ٤۳-۵۹. ۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۳۲۲۲۰۰,۱۳۹۰,۱۵,۳,۲,٦ [in Persian]

[۲۹] Yazdani, M., Zarate, P., Kazimieras Zavadskas, E., & Turskis, Z. (۲۰۱۹). A combined compromise solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. Management Decision, ۵۷(۹), ۲۵۰۱-۲۵۱۹. https://doi.org/۱۰,۱۱۰۸/md-۰۵-۲۰۱۷-۰٤۵۸

[۳۰] Tripathi, D. K., Nigam, S. K., Rani, P., & Shah, A. R. (۲۰۲۳). New intuitionistic fuzzy parametric divergence measures and score function-based CoCoSo method for decision-making problems. Decision Making: Applications in Management and Engineering, ٦(۱), ۵۳۵-۵٦۳. https://doi.org/۱۰,۳۱۱۸۱/dmame۰۳۱۸۱۰۲۰۲۲t