

مطالعه‌ای روی تحلیل نوع محصولات و مدل‌سازی آن‌ها با استفاده از منطق فازی در نرم‌افزار MATLAB

علیرضا محمودی فرد^{۱*}، امین حبیبی راد^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی (و مدرس دانشگاه‌ها)، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده

علوم انسانی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، alireza10.m10@gmail.com

۲- استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران،

ahabibirad@yahoo.com

چکیده

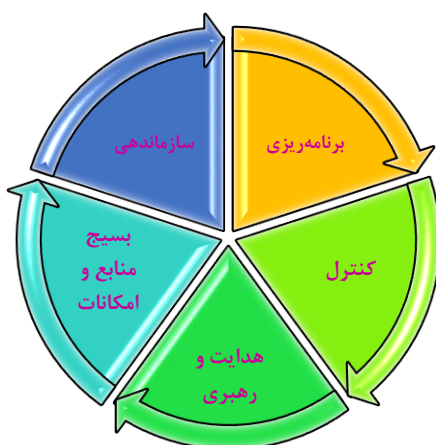
مدیریت استراتژیک، یکی از زیرشاخه‌های رشته مدیریت بوده که توجه به آن در موفقیت سازمان و شرکت، بسیار تاثیرگذار و کاربردی است؛ در مباحث این زیرشاخه، روی مطالب مختلفی بحث می‌شود که یکی از آن‌ها مبحث تحلیل نوع محصولات است؛ در یکی از دسته‌بندی‌های انواع محصولات، کالاها به یکی از چهار نوع علامت سوال، ستاره، گاو شیرده و سگ تقسیم می‌شوند؛ این عناوین، اصطلاحاتی هستند که هر کدام به نوعی از محصولات، با ارزیابی بر اساس نرخ توسعه بازار و سهم بازار اختصاص پیدا می‌کنند؛ در این مقاله، پس از بیان مطالب مقدماتی و توضیحات مکفی، به مدل‌سازی تحلیل محصولات به سبک مذکور با استفاده از منطق فازی پرداخته شده است؛ مدل‌سازی‌ها در شش حالت انجام شده و تصاویر نرم‌افزاری آن‌ها ارائه شده است.

واژگان کلیدی: انواع محصولات، تحلیل محصولات، مدل‌سازی فازی، مدیریت استراتژیک، منطق فازی، نرم‌افزار MATLAB

۱. مقدمه

علم مدیریت، جزو علوم بسیار مهم و کاربردی می‌باشد که در عرصه‌های مختلف زندگی بشر، اثرگذار است؛ مدیریت به رشته‌ها و گرایش‌های زیادی تقسیم می‌شود و دروس و مباحث زیادی برای مطالعه دارد؛ یکی از آن‌ها، بحث مدیریت استراتژیک است که جزو مهم‌ترین، کاربردی‌ترین و تأثیرگذارترین زمینه‌ها می‌باشد؛ مدیریت استراتژیک، مباحث متنوع و بسیار مهمی را شامل می‌شود که یکی از آن‌ها، بحث تحلیل محصولات است؛ کلیت مدیریت استراتژیک، این است که در هر زمان و در هر شرایط، بهترین استراتژی‌ها برای عملکرد بهینه سازمان با تحلیل درست و دقیق، انتخاب و اتخاذ شود؛ مدیری استراتژیک، نقشی کلیدی در هر سازمان می‌تواند ایفا کند.

پنج اصل مدیریت (وظایف مدیر) شامل این موارد می‌شود: ۱. برنامه‌ریزی، ۲. سازماندهی، ۳. بسیج منابع و امکانات، ۴. هدایت و رهبری و ۵. کنترل. شکل ۱، در همین مورد است.



شکل ۱: پنج اصل مدیریت (وظایف مدیر)

از بین پنج وظیفه مدیر، سه وظیفه در فاز اجرا می‌باشد (سازماندهی، بسیج منابع و امکانات و همچنین هدایت و رهبری) و دو وظیفه مهم‌تر، برنامه‌ریزی و کنترل می‌باشد؛ مدیر، ابتدا برنامه‌ریزی (به‌نوعی مهم‌ترین وظیفه مدیر) می‌کند، بعد وارد فاز اجرا می‌شود و سپس خروجی‌ها را کنترل (دومین وظیفه مدیر از نقطه نظر اهمیت) می‌کند و از خروجی‌ها فیدبکی^۱ به ورودی و برنامه‌ریزی و اجرا می‌دهد؛ بازخورد او باعث می‌شود که برنامه بهتری بریزد که این برنامه بهینه‌تر، منجر به بهبود فاز اجرا شود و این چرخه بهبود، ادامه پیدا می‌کند تا سازمان به عملکرد بهینه و ایده‌آل خود نزدیک شود؛ در این بین، اهم وظایف مدیر، برنامه‌ریزی است؛ برنامه‌ریزی، از چند منظر قابل بررسی است. مهم‌ترین نقش مدیر در هر یک از پنج وظیفه خود، نیز تصمیم‌گیری است.

۲. مبانی نظری و متن اصلی

۱,۲. طبقه‌بندی برنامه‌ریزی از منظرهای متفاوت

۱. برنامه‌ریزی از منظر زمانی: برنامه‌ریزی از منظر زمانی^۱ به سه دسته کوتاه‌مدت^۲، میان‌مدت^۳ و بلندمدت (دراز مدت)^۴ تقسیم می‌شود؛ برنامه‌های کوتاه‌مدت، برنامه‌هایی هستند که معمولاً تا یک سال اجرایی می‌شوند؛ برنامه‌های میان‌مدت شامل برنامه‌های یک تا سه سال شده و برنامه‌های بلندمدت، غالباً برنامه‌هایی تا پنج سال هستند.

۲. برنامه‌ریزی از منظر دیدگاه: برنامه‌ریزی از منظر دیدگاه^۵ شامل دو مورد از درون به بیرون و از بیرون به درون می‌شوند؛ از بیرون به درون، حالتی است که اول محیط در نظر گرفته شده و بعد سازمان خود را با شرایط محیطی تطبیق و وفق می‌دهد؛ در حالت از درون به بیرون، ابتدا داخل سازمان و مهارت‌ها و تخصص‌ها و کالاها و خدماتش در نظر گرفته می‌شود و با نوآوری و خلاقیت در بخش تحقیق و توسعه (R&D)، کالا و محصولات یا خدماتی جدید به بیرون عرضه می‌شود؛ در حالت از بیرون به درون، رفع نیاز صورت گرفته و در حالت از درون به بیرون، نیازسازی انجام می‌شود.

۳. برنامه‌ریزی از منظر تمرکز: برنامه‌ریزی از منظر تمرکز، شامل دو حالت تمرکز از بالا به پایین (دارای تمرکز) و تمرکز از پایین به بالا (عدم تمرکز) می‌شود؛ اینکه کدام سبک مدیریتی بهتر است، کاملاً اقتضایی و وابسته به محیط و شرایط است؛ هر کدام ممکن است در جایی بهتر عمل کند؛ اگر سازمان با بحران و شرایط غیر قابل پیش‌بینی مواجه شده است، یا تعداد کارکنان کم است، یا فعالیت‌ها چندان وسیع یا سطح بالا و تخصصی نیست، تصمیم‌گیری تمرکزی معمولاً مناسب‌تر است؛ اما اگر سازمان فرصت کار کارشناسی شده را دارد، یا فعالیت‌ها در سطح بالا و تخصصی انجام می‌شود، مسلماً تصمیم‌گیری از پایین به بالا، خروجی بهتری خواهد داشت.

۴. برنامه‌ریزی از منظر گستره: برنامه‌ریزی از منظر گستره^۶ شامل سه حالت خرد^۷، بخشی^۸ و کلان^۹ می‌شود؛ بستگی دارد که نگاه کلان را چه چیزی بگیریم تا یک لول کمتر از آن، بشود بخشی و لول پایین‌تر بشود خرد؛ مثلاً اگر نگاه کلان، ملی، فراملی و بین‌المللی یا جهانی است، حالت بخشی، همانند وزارت‌خانه‌ها و ارگان‌ها می‌شود و حالت خرد هم شامل سازمان‌های کوچک و شرکت‌ها می‌شود. جدول ۱، خلاصه‌ای از این مطالب را ارائه می‌دهد.

^۱Time^۲Short term^۳Mid term^۴Long term^۵Perspective^۶Scope^۷Micro^۸Divisional^۹Macro

جدول ۱: برنامه‌ریزی از منظرهای مختلف

برنامه‌ریزی از منظر	زمانی	کوته‌مدت
		میان مدت
		بلندمدت
	تمرکز	از بالا به پایین
		از پایین به بالا
	گستره	کلان
		بخشی
		خرد
	دیدگاه	از درون به بیرون
		از بیرون به درون

۲.۲. اهداف و ویژگی‌های آن‌ها

مسئله هر سازمانی، هدف یا اهدافی را برای خود تعریف کرده است و در تلاش است که به آن‌ها دست پیدا کند؛ اهداف شامل خصوصیات هستند که ویژگی‌های هدف، به تعبیری شامل حروف کلمه مخفف SMART به معنی هوشمند است؛

۱. Specific یعنی مشخص

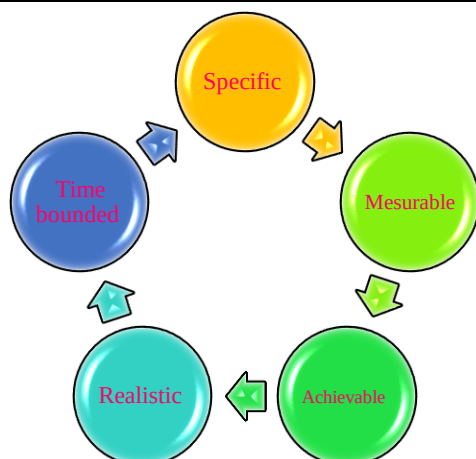
۲. Mesurable یعنی قابل سنجش

۳. Achievable یعنی قابل دستیابی

۴. Realistic یعنی واقعی

۵. Time bounded یعنی دارای محدودیت زمانی.

هدف‌ها باید کاملاً معین و مشخص باشند و ابهامی در آن‌ها وجود نداشته باشد؛ اهداف باید قابل اندازه‌گیری و سنجش باشند و بتوان به صورت دقیق مشخص کرد که به آن‌ها دست یافته‌ایم یا نه؛ اهداف باید دسترس‌پذیر و قابل دستیابی باشند و غیر قابل رسیدن یا غیر قابل دسترس نباشند؛ هدف‌ها باید واقعی و حقیقی باشند و مجازی یا تخیلی نباشند؛ اهداف باید دارای محدودیت زمانی و زمان‌دار باشند و نمی‌توان برای رسیدن به هدفی، زمانی تعریف نکرد یا زمان بی‌نهایت را در نظر گرفت. شکل ۳، در این خصوص است.



شکل ۲: پنج ویژگی هدف با واژه مخفف و اختصاری SMART

۳,۲. مفاهیم مهم برنامه‌ریزی استراتژیک

مباحث مهمی در برنامه‌ریزی راهبردی وجود دارد که به آن‌ها پرداخته می‌شود؛ سه بحث مأموریت^۱، چشم‌انداز^۲ و ارزش‌های کلیدی^۳ با مخفف (Mission-Vision-Value) MVV برای سازمان، بسیار مهم هستند؛ علاوه بر این سه مورد، مفاهیم اهداف بلندمدت^۴، استراتژی‌ها^۵، سیاست‌ها^۶، برنامه‌های کوتاه‌مدت / اقدامات^۷ و بودجه^۸ نیز حائز اهمیت است. شکل ۳، در این مورد است.

^۱Mission

^۲Vision

^۳Values

^۴Goal/ Objective

^۵Strategies

^۶Policies

^۷Actions/ Plan

^۸Budget



شکل ۳: مفاهیم مهم برنامه‌ریزی استراتژیک

در کسب و کار، پنج مفهوم وجود دارد که همه واژه‌های آن‌ها با حرف M شروع می‌شود؛ این مفاهیم شامل نیروی انسانی^۱، منابع مالی^۲، روش^۳، مواد^۴ و ماشین‌آلات^۵ می‌شوند که برای پیشبرد اهداف، حائز اهمیت فراوانی هستند؛ شکل ۴، در این خصوص است.

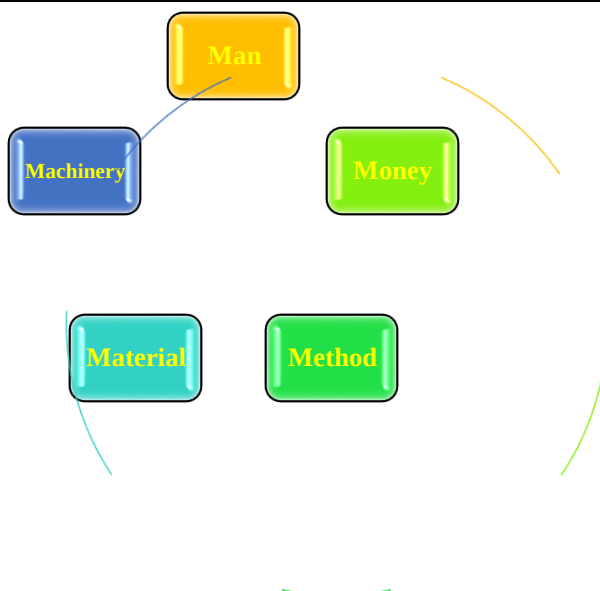
^۱Man

^۲Money

^۳Method

^۴Material

^۵Machinery



شکل ۴: پنج M کسب و کار

۴.۲. تحلیل محصولات

روش‌هایی برای تحلیل محصولات وجود دارد که یکی از آن‌ها، دسته‌بندی محصولات در چهار دسته با اسامی خاص است که شامل موارد (۱) علامت سوال، (۲) ستاره، (۳) گاو شیرده و (۴) سگ می‌شود.

۱. علامت سوال: محصولات علامت سوال، محصولاتی هستند که در واقع فعلاً نمی‌دانیم چه سرنوشتی پیدا خواهند کرد؛ در حال حاضر، نرخ رشد بازار خوبی دارند، ولی سهم بازارشان کم است؛ نمی‌دانیم که آیا می‌توانند پیشرفت کنند و به محصولات ستاره‌ای تبدیل شوند، یا اینکه پسرفت خواهند کرد و به محصولات سگی تبدیل می‌شوند.

۲. ستاره: ستارگان، محصولاتی هستند که در واقع گُل محصولات سازمان هستند که هم نرخ رشد بازار بالایی دارند و هم سهم زیادی را در بازار برای خود دست و پا کرده‌اند.

۳. گاو شیرده: محصولات گاو شیرده، محصولاتی هستند که نرخ رشد بازار مطلوب و بالایی ندارند، ولی سهم آن‌ها در بازار زیاد است.

۴. سگ: سگ‌ها، محصولاتی هستند که نه نرخ رشد بازار خوبی دارند و نه سهم بازار بالایی دارند.

هر سازمان بر اساس اهداف خود، می‌تواند محصولاتی را در هر یک از این دسته‌ها بگنجاند و سبک و سنگین کند و ببیند تولید کدام محصولات به صرفه و منطقی بوده و بهتر است آن‌ها را ادامه دهد؛ به عنوان مثال، درست است که سگ‌ها، نرخ رشد بازار مناسبی ندارند و سهم بازارشان هم پایین است، ولی ممکن است که شرکت بخواهد به علت هزینه تولید پایین و داشتن مشتری ثابت و قدیمی و سود آب‌باریکه‌ای، به تولید آن‌ها ادامه دهد.

بر همین اساس، قواعد مربوطه برای مقاله با منطق فازی مرقوم شده است.

مباحث علوم انسانی، نسبی (طیفی و فازی و نه صفر و یکی)، اقتضایی (وابسته به محیط و شرایط و متغیر)، غیر خطی و مبتنی بر ورودی‌های متعدد و غیر قابل پیش‌بینی (همانند ورود نویز و اغتشاش) هستند و لذا برای مدل‌سازی آن‌ها، با اطمینان زیادی می‌توان از روش‌های مدل‌سازی تقریبی و هوشمند، همچون روش فازی استفاده کرد که به آن پرداخته می‌شود.

۵.۲. منطق فازی

منطق فازی، یکی از روش‌های مدل‌سازی جالب و جذاب برای هر سیستم است که در دسته روش‌های هوشمند قرار می‌گیرد؛ این روش، فرموله کردن مساله و به‌دست آوردن خروجی مطلوب را به فرم خاصی انجام می‌دهد؛ منطق فازی، از گفتار و زبان انسانی برای تنظیم و نگارش فرامین و قوانین خود بهره می‌گیرد؛ در حقیقت، منطق فازی عبارات گفتگوی انسان‌ها را به‌صورت ریاضی مدل کرده و آن‌ها را با استفاده از استدلال تقریبی فرمول‌بندی می‌نماید.

اصلی‌ترین تفاوت ریاضیات فازی با ریاضیات کلاسیک، در این است که در ریاضیات کلاسیک همه چیز حول ۰ یا ۱ می‌چرخد؛ یعنی همه چیز، یا هست و یا نیست؛ یا عددی عضو مجموعه‌ای هست یا نیست؛ یا بالا یا پایین، یا چپ یا راست، یا باز یا بسته، یا درست یا غلط، یا دختر یا پسر، یا سرد یا گرم، یا سیاه یا سفید، یا شب یا روز و ...؛ به قولی معروف، بودن یا نبودن، مساله این است! پس فقط دو حالت ممکن را در برمی‌گیرد که در منطق دیجیتال، آن را معادل با اعداد ۰ یا ۱ می‌شناسیم؛ اما در ریاضیات فازی، عضویت می‌تواند عددی مابین ۰ و ۱ نیز باشد؛ صرفاً دو حالت وجود ندارد و به‌صورت پیوسته می‌توان عضویت‌ها و قوانین را بیان نمود؛ تغییرات در بسیاری از موارد به‌صورت نرم صورت می‌گیرد؛ بین توابع عضویت، همپوشانی وجود دارد و مدل‌های مختلفی برای مدل‌سازی توابع عضویت وجود دارد؛ کنترل‌کننده‌های فازی نیز در صنعت به‌کرات مورد استفاده قرار می‌گیرند که طراحی این کنترل‌گرها توسط محققان گرایش مهندسی کنترل صورت می‌گیرد؛ از مزایای کنترل فازی، این است که نیاز نیست مدل دقیق سیستم در دسترس باشد؛ این مزیت برای سیستم‌های صنعتی که سیستم‌هایی غیر خطی و دارای عدم قطعیت‌های اساسی چه در داینامیک خود و چه در ورودی‌ها هستند، بسیار بسیار کارگشا است.

یکی از بهترین و پرکاربردترین روش‌های کنترلی موجود، بهره‌گیری از منطق فازی^۱ و استفاده از انواع کنترل‌کننده های فازی^۲ است؛ علی‌الخصوص برای سیستم‌هایی که مدل کامل و دقیق آن‌ها قابل شناسایی^۳ و یا اعمال نیست و یا ورودی‌های ناخواسته مانند نویز و اغتشاش به آن‌ها وارد می‌شود، بسیار مطلوب و کارا رانداز است.

۶.۲. فازی از نظر لغوی

واژه فازی، در لغت به معنای گنگ، نامفهوم، نادقیق، مبهم و ... می‌باشد؛ لیکن یک سیستم فازی، کاملاً دقیق و قابل استفاده به‌صورت تئوری و در عمل می‌باشد؛ علت نام‌گذاری کردن این منطق با همچنین کلمه‌ای، احیاناً به‌سبب

^۱Fuzzy Logic

^۲Fuzzy Controllers

^۳Identification

مقاوت بودن تعاریف و گزاره‌ها برای اشخاص مختلف است؛ یک گزاره ممکن است از نظر فردی، کاملاً درست، از نظر فردی دیگر، کاملاً غلط و از دیدگاه شخصی دیگر، نه کاملاً درست و نه کاملاً غلط باشد.

۷.۲. مروری مختصر بر تاریخچه منطق فازی و سیستم‌های مبتنی بر این منطق

منطق فازی برای نخستین بار توسط پروفسور لطفی‌زاده با نام کامل پروفسور لطفعلی عسگرزاده و در دنیا معروف به زاده؛ مطرح شد؛ دهه ۱۹۷۰ رخدادی بزرگ صورت گرفت و آن، تولد کنترل‌کننده‌های فازی برای سیستم‌های واقعی بود؛ در سال ۱۹۷۳ پروفسور لطفعلی عسگرزاده، مقاله‌ای تحت‌عنوان " طرح یک راه‌حل جدید برای تجزیه و تحلیل سیستم‌های پیچیده و فرایندهای تصمیم‌گیری " منتشر نمود که این مقاله، اساس کنترل فازی را پایه‌گذاری کرد؛ در سال ۱۹۷۵، ممدانی و آسیلیان، چارچوب اولیه‌ای را برای کنترل‌کننده‌های فازی مشخص کردند و کنترل‌کننده فازی را به یک موتور بخار اعمال نمودند؛ در سال ۱۹۷۶ هومیلاد و اوسترگارد، اولین کنترل‌کننده فازی را برای یک فرایند صنعتی کامل (کنترل فازی کوره سیمان) به کار بردند؛ در دهه ۱۹۸۰ نیز چندین کاربرد صنعتی مهم منطق فازی در ژاپن صورت گرفت و محققان ژاپنی دریافتند که کنترل‌کننده‌های فازی به‌سهولت قابل طراحی بوده و از آن‌ها در زمینه‌های مختلفی می‌توان استفاده نمود؛ ژاپنی‌ها در دهه ۱۹۸۰ در کنترل تصفیه آب فوجی، ربات، فرآیند پارک خودکار اتومبیل، قطار زیرزمینی سندایی، ربات پینگ‌پنگ‌باز، پاندول معکوس و ...، منطق فازی را به کار بردند و قابلیت پیاده‌سازی این منطق را به جهانیان اثبات نمودند؛ در دهه ۱۹۹۰ نیز ژاپنی‌ها در دستگاه‌ماشین لباس‌شویی اتوماتیک، جاروبرقی اتوماتیک و دوربین‌های فیلم‌برداری، منطق فازی را پیاده کردند و به توسعه تولید سیستم‌های کنترل فازی کمک کردند که تلاش‌های آن‌ها کماکان نیز ادامه دارد؛ بنابراین اولین دستگاه‌های ساخته بر اساس منطق فازی عبارتند از: ماشین لباس‌شویی، چرخ خیاطی، جاروبرقی، مترو سندایی در ژاپن، انواع ربات‌ها، دوربین‌های فیلم‌برداری، صنایع اتومبیل‌سازی و

۸.۲. ریاضیات فازی

همان‌طور که می‌دانیم در منطق کلاسیک یا منطق ارسطویی، هر گزاره منطقی تنها می‌تواند یکی از دو حالت ممکن (صفر یا یک) را اختیار کند؛ هر گزاره یا درست است و یا نادرست^۳ (True or False)؛ به‌عنوان مثال، یا روز است یا شب؛ عدد یا عضو مجموعه‌ای هست یا نیست، یا سفید است یا سیاه، یا قد بلند است یا قد کوتاه، یا لاغر است یا چاق، یا باز است یا بسته، یا سرد است یا گرم و ...؛ لیکن در منطق فازی، هر گزاره می‌تواند درصدی درست و درصدی نادرست (بین صفر و یک) نیز باشد؛ در منطق فازی، تنها دو حالت برای گزاره قابل اختیار نیست و گزاره می‌تواند به‌صورت پیوسته همزمان درصدی درست و درصدی نادرست (بین صفر و یک و نه الزاماً خود صفر یا یک) باشد؛ در حقیقت، منطق فازی، دنیا را صرفاً به رنگ سیاه یا سفید نمی‌بیند و می‌گوید که بین سیاه و سفید، بی‌شمار رنگ، از

^۱Zadeh^۲True^۳False

جمله خاکستری نیز وجود دارد؛ بحث سطح خاکستری^۱ و طوسی در سیستم‌های فازی، همین موضوع است؛ با تفاسیر فوق، می‌توان گفت که مجموعه‌های کلاسیک، حالت خاصی از مجموعه‌های فازی هستند.

اگر μ بیان‌گر میزان تعلق عضوی به مجموعه‌ای (مثلاً A) باشد، برای مجموعه‌های کلاسیک، این مقدار صرفاً ۰ یا ۱ است؛ یعنی:

$$\mu_A(x) \in \{0, 1\}$$

در صورتی که برای مجموعه‌های فازی می‌تواند سایر مقادیر بین ۰ و ۱ را نیز اختیار کند؛ یعنی:

$$\{0 \leq \mu_A(x) \leq 1\}$$

به علت تفاوت مقدار عضویت در بین مجموعه‌های دقیق با مجموعه‌های فازی، می‌توان گفت که مجموعه‌های کلاسیک، حالت خاصی از مجموعه‌های فازی هستند؛ یا به عبارتی، مجموعه‌های فازی بر اثر توسعه و بسط مجموعه‌های کلاسیک به وجود آمده‌اند؛ به طوری که مقدار تعلق در آن‌ها می‌تواند علاوه بر صفر و یک، عددی در بازه $[0, 1]$ باشد.

در واقع، در منطق فازی صرفاً ۰ و ۱ (باینری^۲ بودن نتیجه گزاره‌ها) مطرح نیست و درستی یا عدم صحت گزاره می‌تواند عددی بین ۰ و ۱ باشد؛ مثلاً می‌خواهیم به بررسی دمای هوای شهر با استفاده از منطق فازی بپردازیم؛ در گفتار روزمره، از کلمات خاصی همچون داغ، خیلی گرم، گرم، معتدل، خنک، سرد، خیلی سرد، یخبندان و ... استفاده می‌کنیم؛ به عنوان مثال می‌گوییم که هوا گرم است که این گرما، طبیعتاً در ذهن ما یک بازه دمایی را در برمی‌گیرد، اما معمولاً در خصوص عدد دما توسط عوام صحبت نمی‌شود؛ مثلاً اگر دما بین ۲۳ تا ۳۰ درجه سلسیوس باشد، می‌گوییم هوا گرم است، که این ابراز احساس، با توجه به فرامین مغز و واکنش‌های بدن که به طور خودکار به شرایط آب و هوایی داده می‌شود، صورت می‌گیرد.

در گفتار انسان‌ها معمولاً عدد دما بیان نمی‌شود و میزان دما با توجه به همان واکنش‌ها و احساسات، به صورت یک واژه یا عبارت تبیین می‌شود؛ مثلاً گفته نمی‌شود که دمای هوا ۱۲٫۸ درجه سانتی‌گراد است و این حس دمایی به صورت "هوا سرد است!" بیان می‌شود؛ به عبارت ساده، در منطق فازی، از مفاهیم گفتاری که مفهوم عددی را می‌رسانند، استفاده می‌شود و این یعنی محاسبه با کلمات توسط دانش انسانی؛ به عنوان مثال، در گفتگوی انسانی

^۱Gray Level^۲Binary

متغیرهای زبانی^۱ و کلماتی همچون بسیار^۲، اندکی^۳، زیاد^۴، کمی^۵، خیلی^۶، تا حدی^۷، نزدیک^۸، تقریباً^۹، خیلی خیلی^{۱۰} و ... به کار برده می‌شوند که منطق فازی نیز مفهومی منطبق بر دانش انسانی داشته و بدین‌خاطر مزایایی نیز به همراه دارد.

برای مجموعه‌های فازی هم، عملگرهای مکمل، اشتراک (T-Norm) و اجتماع (S-Norm) تعریف می‌شود؛ عملیات‌های منطق ارسطویی (مانند جمع و ضرب) در منطق فازی هم صادق است؛ بسیاری از قوانین منطق کلاسیک مانند قانون دمورگان، در منطق فازی نیز برقرار است.

۹.۲. برخی قابلیت‌های خاص سیستم‌های فازی

مواردی وجود دارند که آن‌ها را می‌توان به‌عنوان قابلیت‌های سیستم‌های فازی طرح کرد؛ همانند:

- استفاده از گفتار انسانی و متغیرهای زبانی به‌جای محاسبات ریاضی
- جایگزین کردن برخی تئوری‌های احتمالات با تئوری امکان و استفاده از منطق فازی
- متفاوت بودن تعاریف و توصیف یک سیستم خاص و روش حل و کنترل آن، توسط افراد مختلف

۱۰.۲. مزایای استفاده از سیستم‌های فازی

مواردی را می‌توان به‌عنوان مزیت‌های سیستم‌های فازی در نظر گرفت؛ همچون:

- ☆ توانایی بیان عدم قطعیت‌ها؛ کنترل‌گرهای فازی برای سیستم‌های غیر خطی و بدون مدل ریاضی دقیق، مناسب هستند.
- ☆ امروزه و علی‌الخصوص در ژاپن، فازی خواسته مردم است که با توجه به تکنولوژی نوین و برتر بودن فازی، خواسته مردم، قابل درک است.
- ☆ ابزاری جدید برای حل مشکلاتی که تئوری احتمال، راهی برای حل آن‌ها ندارد.
- ☆ استفاده نمودن از دانش انسانی

^۱Linguistic Variables

^۲So

^۳Slightly

^۴Much

^۵A little

^۶Very

^۷About

^۸Close

^۹Almost

^{۱۰}So very

☆ امکان هوشمندتر کردن روش، با به کارگیری الگوریتم‌های تکاملی و متدهای ابتکاری دیگر (تلفیق روش-ها)

☆ ساده نمودن مسائل و سیستم‌های پیچیده با مدل سازی توسط منطق فازی

☆ امکان تفهیم نمودن ساده‌تر عملکرد سیستم به اشخاص مختلف، به علت استفاده از گفتار انسانی در منطق فازی

☆ ارائه راه حل برای سیستم‌هایی که بسیاری از روش‌های کلاسیکی از حل آن‌ها عاجزند.

☆ کنترل گرهای فازی، از ثبات و قابلیت اطمینان بالاتری نسبت به کنترل گرهای متعارف برخوردارند.

☆ سریع تر بودن روش در مقایسه با بسیاری از روش‌های کلاسیک

☆ امکان ارائه دادن محصولات ارزان به نسبت سایر روش‌ها

☆ مبنای استفاده از انواع سیستم‌های ربات و به طور کلی علم رباتیک

☆ طراحی کنترل کننده‌های نرم (با نرخ تغییرات پیوسته‌ی کم)

☆ قابل تبدیل بودن متغیرهای تعریفی با استفاده از تول باکس موجود در نرم افزار MATLAB، به کدهای میکروپروسسور برای پیاده سازی در واقعیت و عدم نیاز به نوشتن مستقیم کدها با روش‌های برنامه نویسی ویژه میکروپروسورها

☆ توانایی اعمال مستقیم به سیستم غیر خطی

☆ قابل استفاده برای سیستم‌هایی که در آن‌ها، چندان حساس نبودن سیستم (سیستم‌های با حساسیت کم)، حائز اهمیت است.

۱۱,۲. معایب استفاده از سیستم‌های فازی

برخی موارد را می توان تحت عنوان معایب سیستم‌های فازی مطرح نمود که از جانب برخی محققان نیز همه یا برخی از این‌ها، عیب محسوب نمی شوند:

❖ متفاوت بودن توصیف‌های یک سیستم از دیدگاه افراد مختلف

❖ پذیرفته نشدن روش فازی از طرف بسیاری از محققان به علت ریاضیاتی نبودن روش

❖ نداشتن اثبات پایداری سیستم‌های فازی

۱۲,۲. عملکرد سیستم فازی

به طور کلی، کارکرد یک سیستم فازی بسیار ساده است؛ سیستم فازی، از سه بخش ورودی، خروجی و پردازش تشکیل می شود که واحد ورودی، از خروجی سنسورها یا سایر ورودی‌ها، مقادیر را دریافت می کند و آن‌ها را به توابع عضویت مربوطه می برد و مقادیر تعلق را به آن‌ها نسبت می دهد؛ سپس واحد پردازش، قوانین را گرفته و برای هر

یک، نتیجه‌ای تولید می‌کند؛ نتایج ترکیب شده را دریافت نموده و آن را به یک مقدار کنترلی غیر فازی تبدیل می‌کند؛ واحد خروجی نیز خروجی‌های به‌دست آمده را به بیرون انتقال می‌دهد.

همان‌طوری که منطق باینری به‌علت سادگی در محاسبات، مبنای سیستم‌های دیجیتال و دستگاه‌های کامپیوتری است، منطق فازی و بهره‌گیری از سیستم‌های فازی به‌علت انعطاف‌پذیری زیاد، پایه و اساس علم رباتیک می‌باشد. لازم به‌ذکر است که سیستم‌های کنترل فازی و شبکه‌های عصبی مصنوعی، ابزارهای مدل‌سازی هستند، نه بهینه‌سازی؛ مدل‌سازی، زیرمجموعه‌ای از بهینه‌سازی است و به‌نوعی می‌توان گفت که مدل‌سازی، حالت خاصی از بهینه‌سازی می‌باشد؛ سیستم تحت کنترل، ابتدا از نقطه‌نظر پایداری مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ اگر پایدار بود، فیهالمراد؛ اگر پایدار نبود، می‌بایست ابتدا پایدار شود؛ در صورت پایدار بودن یا پایدار شدن، حال به سراغ عملیات کنترلی برای سیستم بر اساس مدل‌سازی مربوطه و با روش‌های مدنظر می‌رویم؛ پس از کنترل و یا در حین آن، می‌توان عملیات کنترلی را با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی، بهینه نمود و یک کنترل‌کننده بهینه منحصر به فرد برای سیستم مربوطه طراحی کرد.

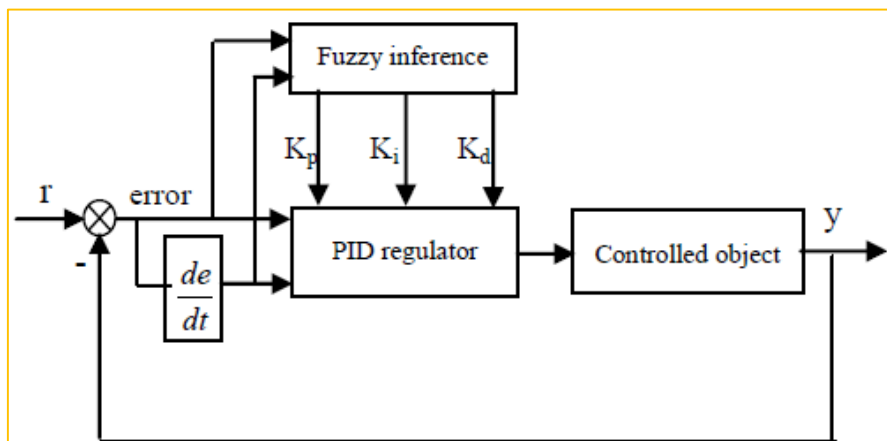
در سیستم‌های خبره و سیستم‌های کنترل فازی، هدف اصلی، مدل‌سازی تجربه انسان و رفتار تصمیم‌گیری اوست؛ لذا ایده اصلی کنترل‌گر منطق فازی^۱ (FLC)، کمک گرفتن از تجربه اپراتور انسانی در طراحی کنترل‌گر است؛ زیرا یک سری قواعد گفتاری، مبین استراتژی کنترلی اپراتور و در نتیجه سیستم کنترل فازی می‌باشد. مزیت اصلی FLC، پیاده‌سازی تجربه، دریافت و ادراک مستقیم و حس کشف‌کنندگی است که بی‌نیاز از دارا بودن یک مدل خواهد بود؛ از ویژگی‌های منطق فازی^۲ (FL)، غیر گسسته بودن است؛ بسیاری از فرآیندها، پیوسته^۳ هستند (گسسته^۴ نیستند) که این در حالی است که امروزه در سیستم‌های کنترلی، از کامپیوترها و پردازنده‌های دیجیتال^۵ استفاده می‌شود؛ پس FL، روشی است برای انتقال فرآیند آنالوگ به دیجیتال، که مطلوب پردازش‌گرهای دیجیتال هم می‌باشد.

در سیستم‌هایی که احتمال نادقیق بودن دینامیک آن‌ها وجود دارد و نیاز به یک کنترل‌گر بسیار دقیق در آن‌ها حس نمی‌شود، از سیستم‌های فازی استفاده می‌شود؛ در صورتی که نیاز به کنترل‌کننده بسیار دقیقی وجود داشته باشد و تولرانس آن‌چنانی هم وجود نداشته باشد، از کنترل‌گر فازی استفاده نمی‌شود. سیستم‌های فازی، سیستم‌هایی مبتنی بر دانش انسانی^۶ هستند و اساس آن‌ها به‌جای سیستم‌های کامپیوتری، تفکر انسانی است؛ پروفیسور زاده از مفهوم محاسبه با کلمات برگرفته از دانش انسانی، در این خصوص یاد نموده است. با استفاده از تئوری فازی می‌توان مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده غیر خطی که بعضاً دارای رفتار تصادفی نیز هستند، را ساده‌تر کرد.

در خصوص تنظیم ضرایب کنترل‌کننده PID با منطق فازی، رویکردی مشابه با کنترل‌کننده‌های تطبیقی و با تکیه بر توان استنتاج سیستم‌های فازی ایجاد شده است که در هر لحظه از زمان، برای مقادیر ضرایب کنترل‌کننده PID،

^۱Fuzzy Logic Controller^۲Fuzzy Logic^۳Continuous^۴Discrete^۵Digital Processors^۶Human Knowledge Based Systems

پیشنهادی به‌خصوص را دارد؛ این رویکرد، نوعی زمان‌بندی بهره است که وظیفه تعیین مقادیر بهره‌ها، بر عهده یک سیستم فازی است؛ این سیستم فازی، با دریافت خطا و مشتق خطا در هر لحظه از زمان، مقادیر ضرایب کنترل‌کننده PID را به‌صورت مناسبی محاسبه و در ساختار کنترل‌کننده جایگذاری می‌نماید. انتخاب بهره‌های بهینه PID، کار چندان ساده‌ای نیست؛ لذا اغلب از روش‌های محاسبات نرم مانند منطق فازی، الگوریتم ژنتیک و ... برای تعیین و تنظیم ضرایب کنترل‌کننده PID استفاده می‌شود؛ در کنترل‌کننده PID فازی، این بهره‌های کنترل‌گر PID، به‌وسیله سیستم فازی تعیین و تنظیم می‌گردد که با توجه به پویایی کنترل‌کننده فازی، در شرایط مختلف، ضرایب مذکور تغییر کرده و سبب کنترل بهینه ضرایب و در نتیجه افزایش راندمان سیستم می‌شود. روش فازی یکی از روش‌هایی است که با روش‌های تحلیلی زیادی می‌توان آن را تلفیق نمود؛ یکی از متدهایی که پایه تمام روش‌های کنترلی تحلیلی است، کنترل‌کننده معمولی PID می‌باشد؛ با دانستن نحوه تلفیق کنترل‌گر فازی با کنترل‌کننده PID، می‌توانیم تلفیق را به کنترل‌کننده‌های دیگر نیز تعمیم دهیم. شکل ۵، در این خصوص است.



شکل ۵: ساختار کلی کنترل‌گر Fuzzy-PID

۱۳،۲. هدف

در این مقاله، هدف مدل‌سازی و آنالیز با استفاده از نرم‌افزاری تحلیلی بوده است؛ مدل‌سازی تحلیل محصولات بر اساس یک سبک دسته‌بندی تحلیل نوع محصولات به‌صورت نرم‌افزاری و بر مبنای یک متد خاص.

۱۴،۲. روش‌شناسی

در این مقاله، مدل‌سازی تحلیل نوع محصولات با استفاده از منطق فازی که یکی از روش‌های هوشمند و نرم می‌باشد، انجام شده است.

۱۵،۲. ابزار

ابزار مورد استفاده در مقاله، منطق فازی و نرم‌افزار جامع MATLAB بوده است.

۱۶،۲. طراحی بخش فازی

در این مقاله، تحلیل محصولات بر اساس روش توضیح داده شده، به شش صورت انجام شده است.

۱. نگارش چهار قانون با توابع عضویت مثلثی دو حالت
 ۲. نگارش چهار قانون با توابع عضویت گاوسی (نوع یک) دو حالت
 ۳. نگارش چهار قانون با توابع عضویت دوزنقه‌ای دو حالت
 ۴. نگارش نه قانون با توابع عضویت دوزنقه‌ای سه حالت
 ۵. نگارش نه قانون با توابع عضویت گاوسی (نوع دو) سه حالت
 ۶. نگارش نه قانون با توابع عضویت مثلثی سه حالت
- ورودی‌های کار، نرخ رشد بازار^۱ و سهم بازار^۲ و خروجی هم تحلیل محصولات^۳ بوده است. در شکل‌های ۶ تا ۴۷، قسمت‌های مختلف مدل‌سازی فازی در شش حالت ارائه شده است.

۱۷،۲. حالت‌های مدل‌سازی و نمایش نتایج در نرم‌افزار MATLAB

قوانین مربوطه بدین صورت تدوین شده‌اند:

* پایگاه قواعد فازی با چهار قانون:

۱. اگر نرخ رشد بازار زیاد و سهم بازار کم است، آنگاه محصول ما از نوع علامت سوال خواهد بود.
 ۲. اگر نرخ رشد بازار زیاد و سهم بازار نیز زیاد است، آنگاه محصول ما از نوع ستارگان خواهد بود.
 ۳. اگر نرخ رشد بازار کم و سهم بازار زیاد است، آنگاه محصول ما از نوع گاوهای شیرده خواهد بود.
 ۴. اگر نرخ رشد بازار کم و سهم بازار نیز کم است، آنگاه محصول ما از نوع سگ‌ها خواهد بود.
- * پایگاه قواعد فازی با نه قانون:

۱. اگر نرخ رشد بازار زیاد و سهم بازار کم است، آنگاه محصول ما از نوع علامت سوال خواهد بود.
۲. اگر نرخ رشد بازار زیاد و سهم بازار نیز زیاد است، آنگاه محصول ما از نوع ستارگان خواهد بود.
۳. اگر نرخ رشد بازار کم و سهم بازار زیاد است، آنگاه محصول ما از نوع گاوهای شیرده خواهد بود.
۴. اگر نرخ رشد بازار کم و سهم بازار نیز کم است، آنگاه محصول ما از نوع سگ‌ها خواهد بود.
۵. اگر نرخ رشد بازار کم و سهم بازار متوسط است، آنگاه محصول ما از نوع سگ‌ها خواهد بود.
۶. اگر نرخ رشد بازار متوسط و سهم بازار متوسط است، آنگاه محصول ما از نوع سگ‌ها خواهد بود.

^۱Market Growth Rate

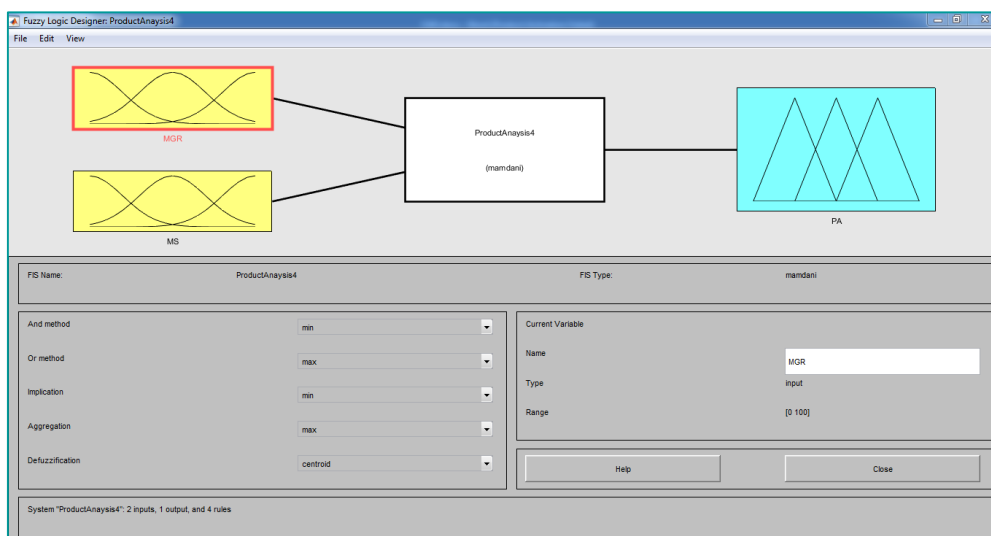
^۲Market Share

^۳Product Analysis

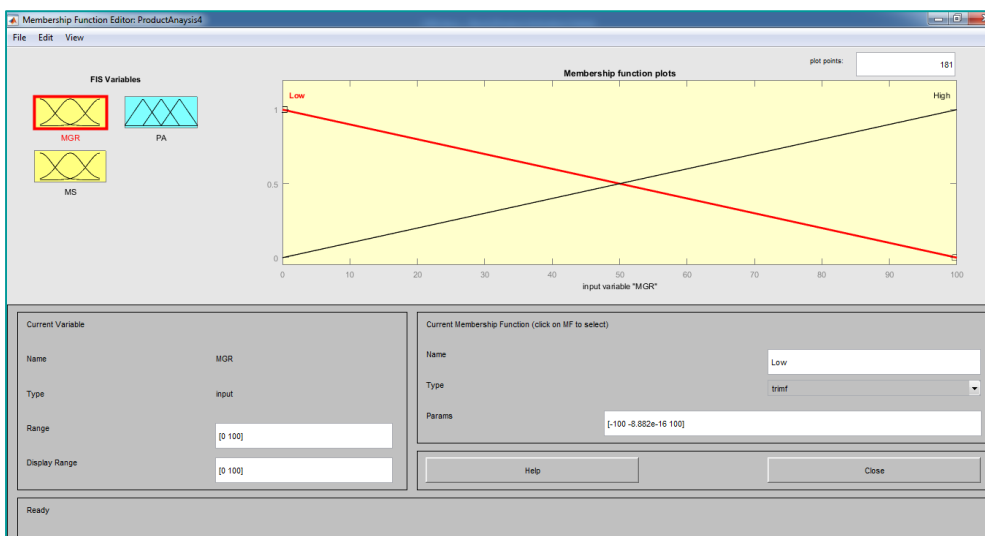
۷. اگر نرخ رشد بازار متوسط و سهم بازار کم است، آنگاه محصول ما از نوع سگ‌ها خواهد بود.
۸. اگر نرخ رشد بازار متوسط و سهم بازار زیاد است، آنگاه محصول ما از نوع گاوه‌های شیرده خواهد بود.
۹. اگر نرخ رشد بازار زیاد و سهم بازار متوسط است، آنگاه محصول ما از نوع علامت سوال خواهد بود.

* حالت ۱: نگارش چهار قانون با توابع عضویت مثلثی دو حالت

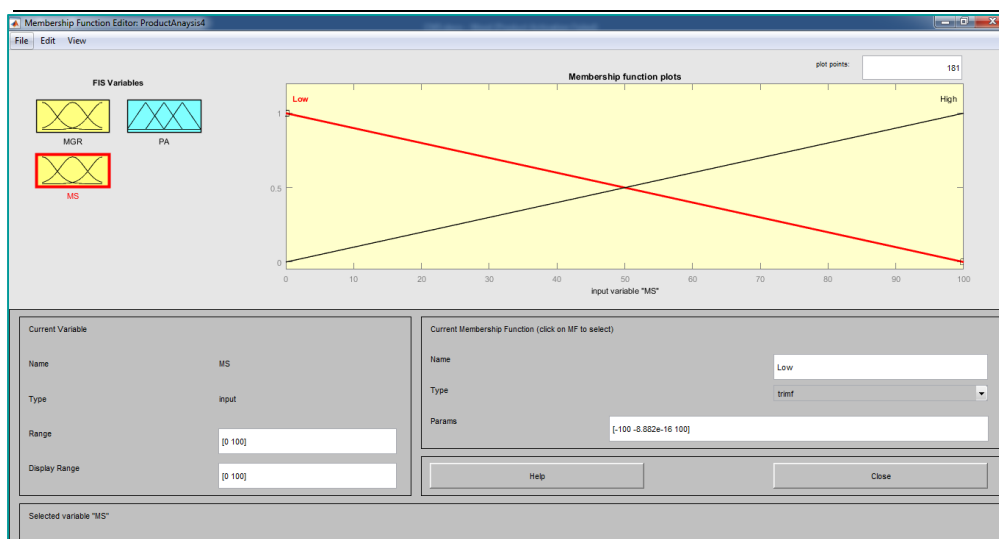
اشکال ۶ تا ۱۲ برای حالت اول است.



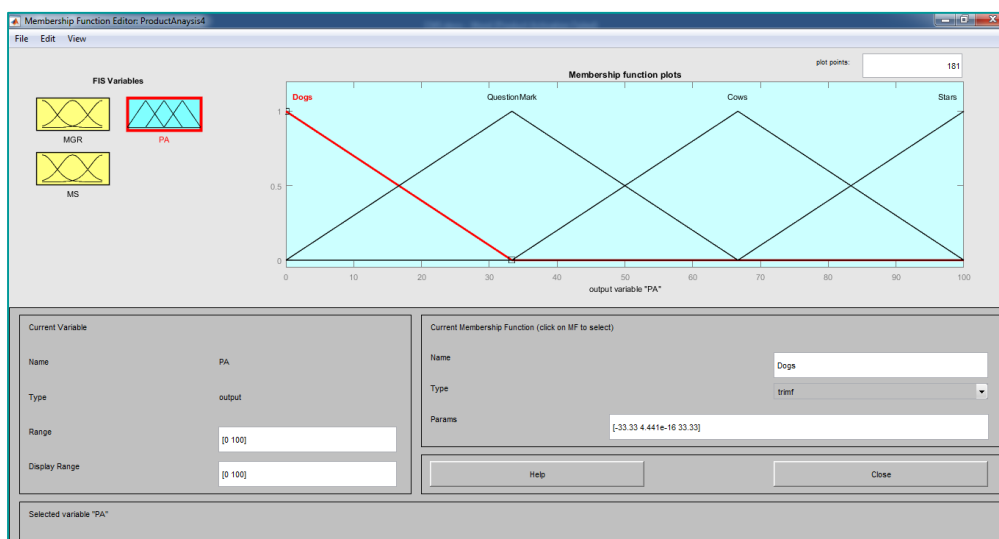
شکل ۶: تعیین تعداد و اسامی و ... برای خروجی و ورودی‌ها



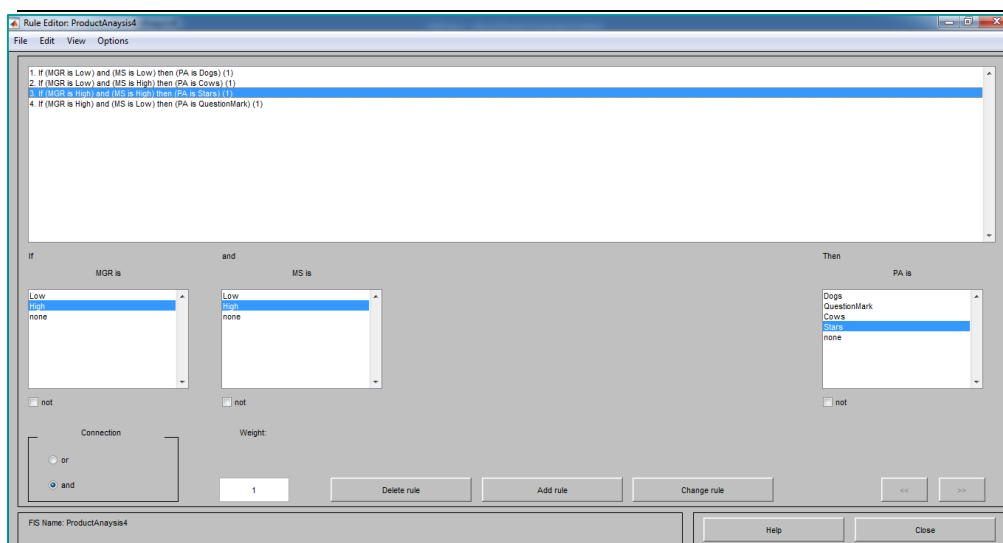
شکل ۷: تعیین توابع عضویت ورودی اول



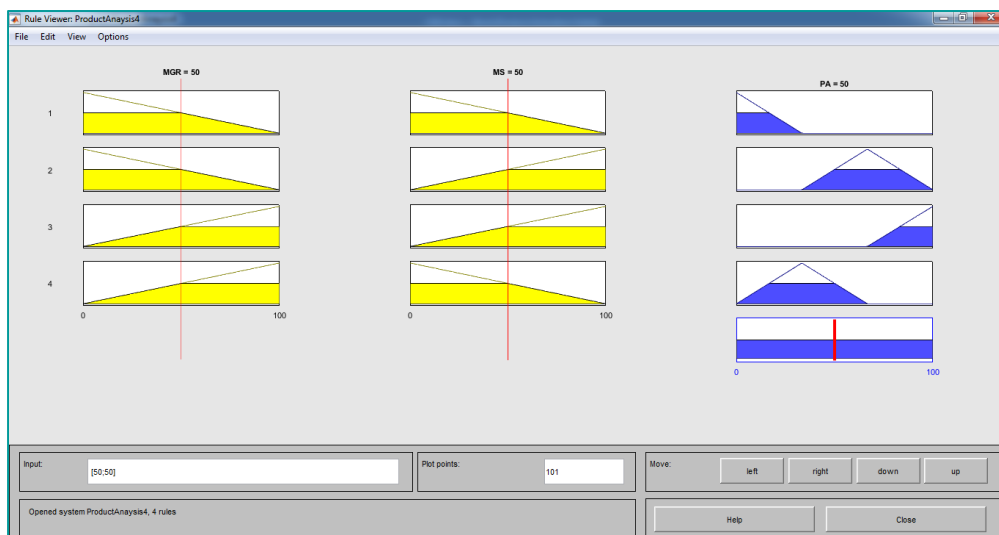
شکل ۸: تعیین توابع عضویت ورودی دوم



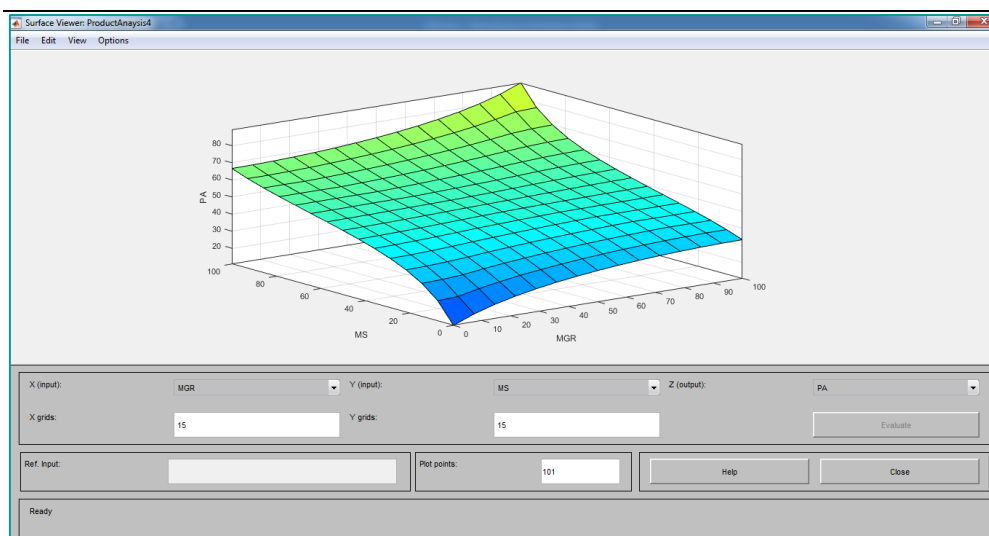
شکل ۹: تعیین توابع عضویت خروجی



شکل ۱۰: بررسی قوانین فازی کار



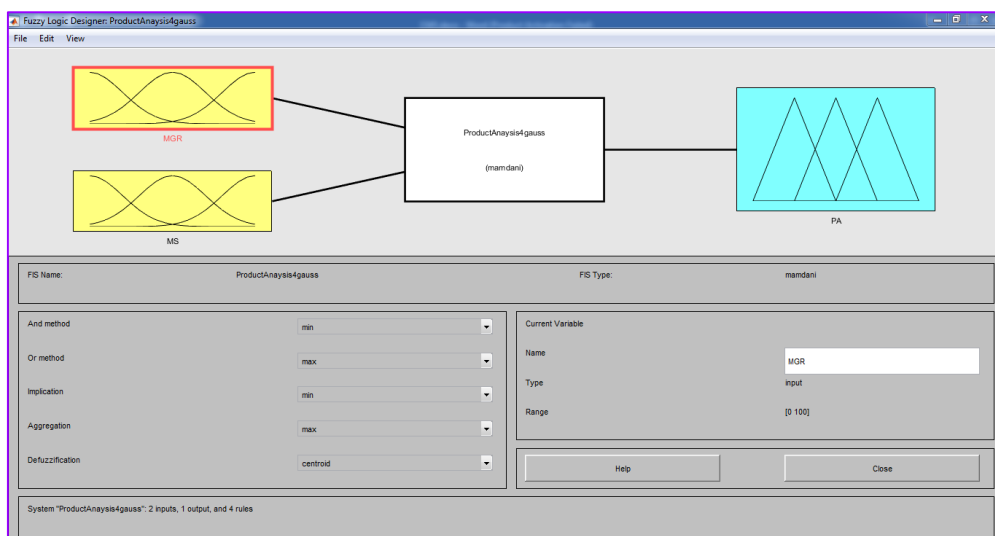
شکل ۱۱: بررسی قواعد فازی و بررسی یک نمونه از عملکرد کار



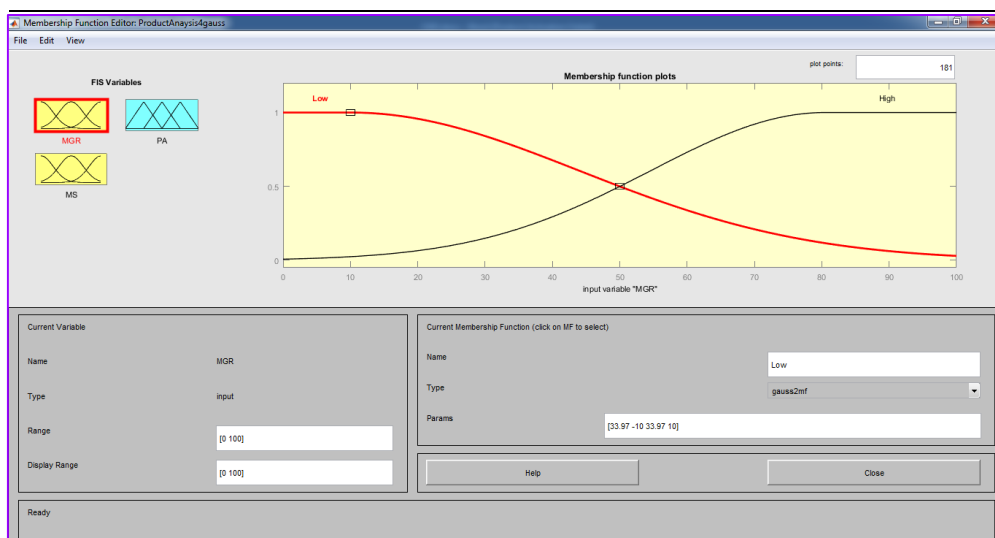
شکل ۱۲: بررسی سطح سه بعدی طراحی انجام شده

* حالت ۲: نگارش چهار قانون با توابع عضویت گاوسی (نوع یک) دو حالت

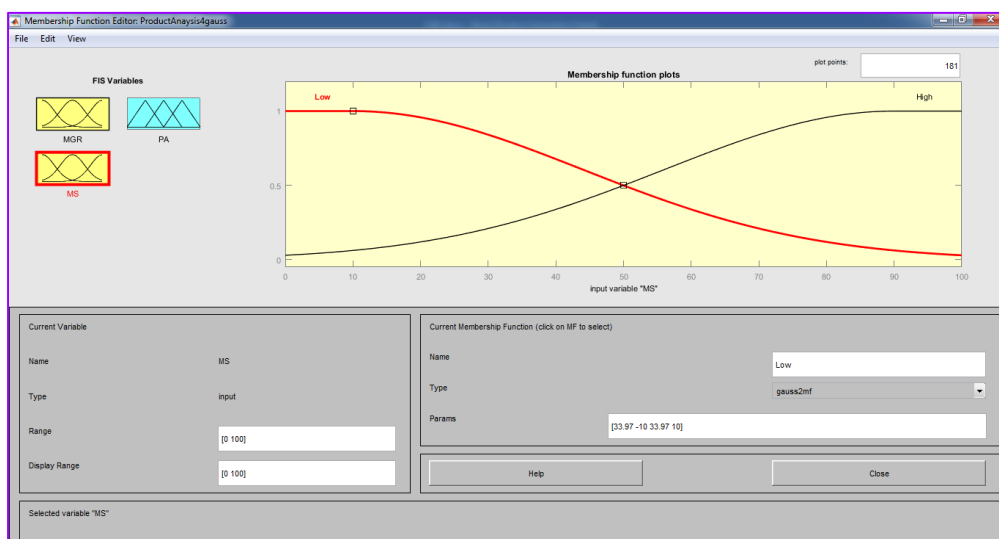
اشکال ۱۳ تا ۱۹ برای حالت دوم است.



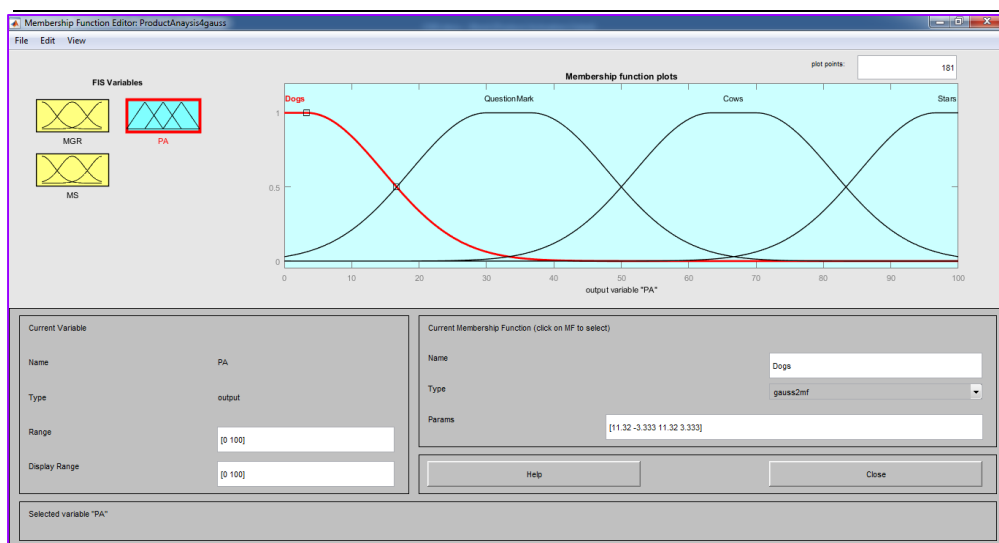
شکل ۱۳: تعیین تعداد و اسامی و ... برای خروجی و ورودی‌ها



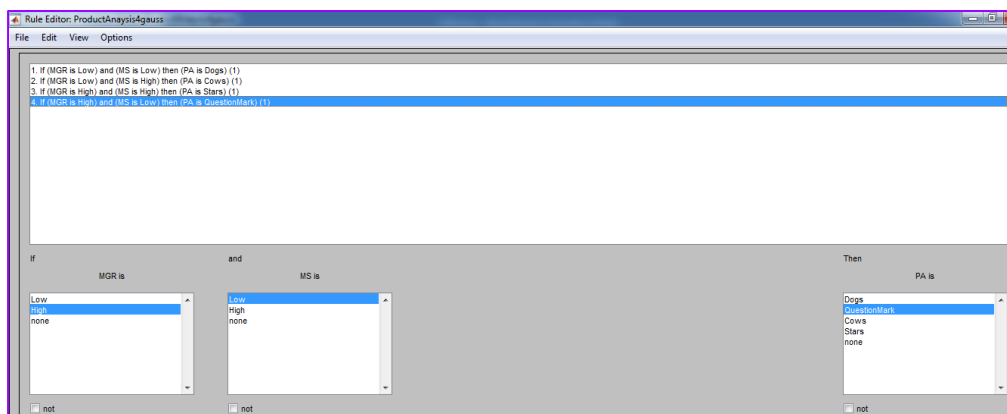
شکل ۱۴: تعیین توابع عضویت ورودی اول



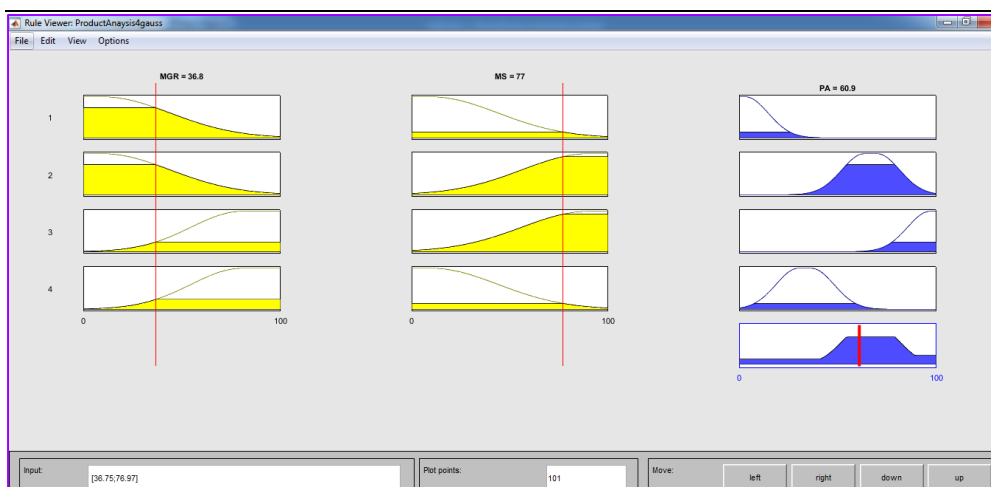
شکل ۱۵: تعیین توابع عضویت ورودی دوم



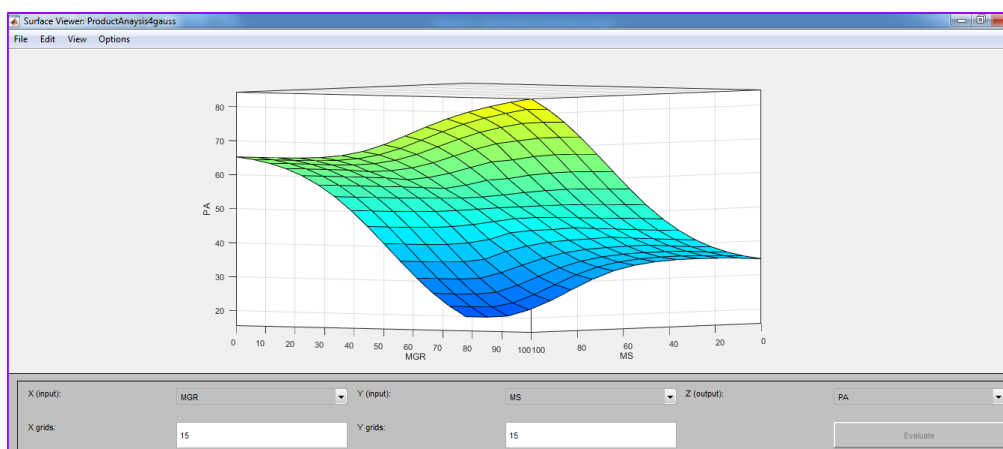
شکل ۱۶: تعیین توابع عضویت خروجی



شکل ۱۷: بررسی قوانین فازی کار



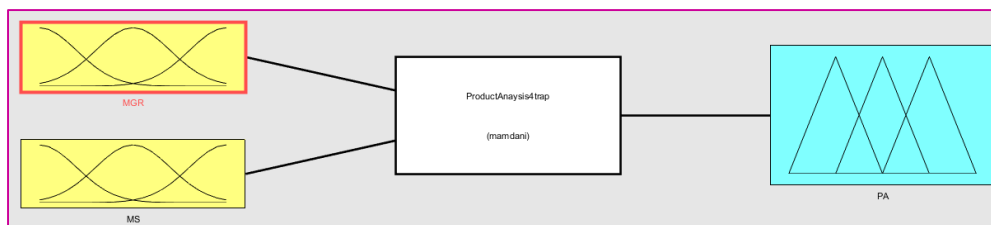
شکل ۱۸: بررسی قواعد فازی و بررسی یک نمونه از عملکرد کار



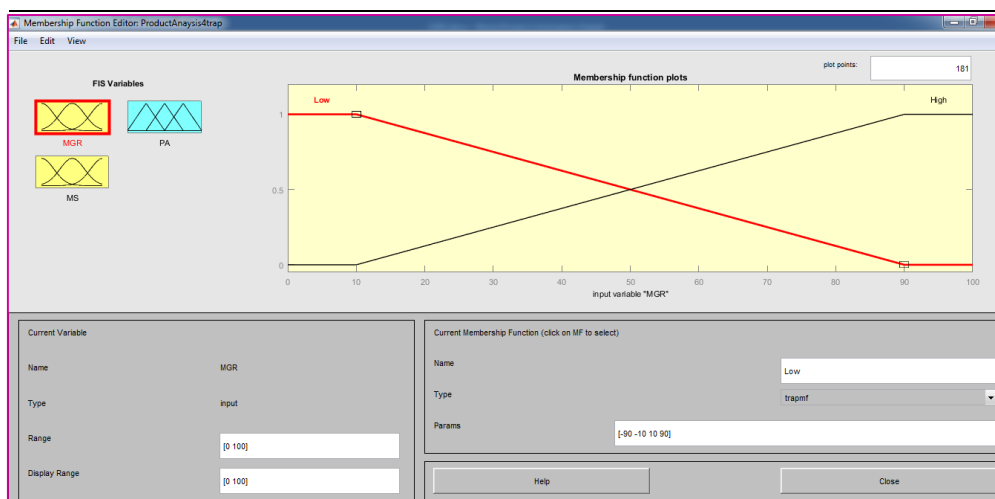
شکل ۱۹: بررسی سطح سه‌بعدی طراحی انجام شده

* حالت ۳: نگارش چهار قانون با توابع عضویت دوزنقه‌ای دو حالت

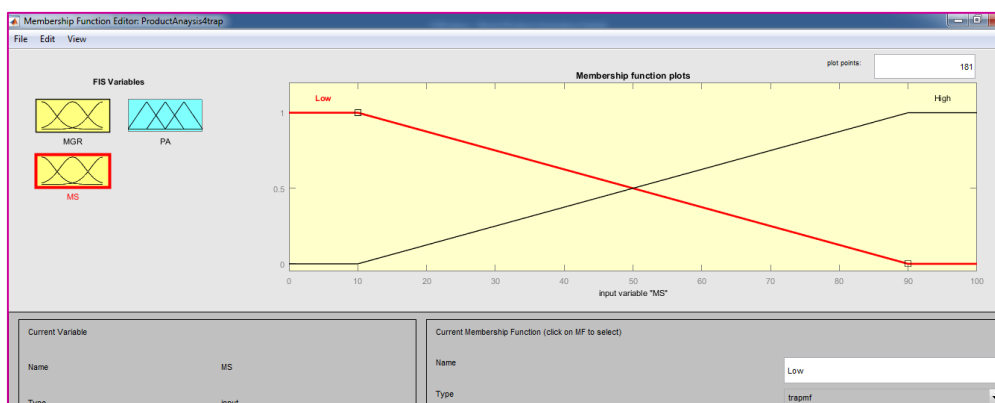
اشکال ۲۰ تا ۲۶ برای حالت سوم است.



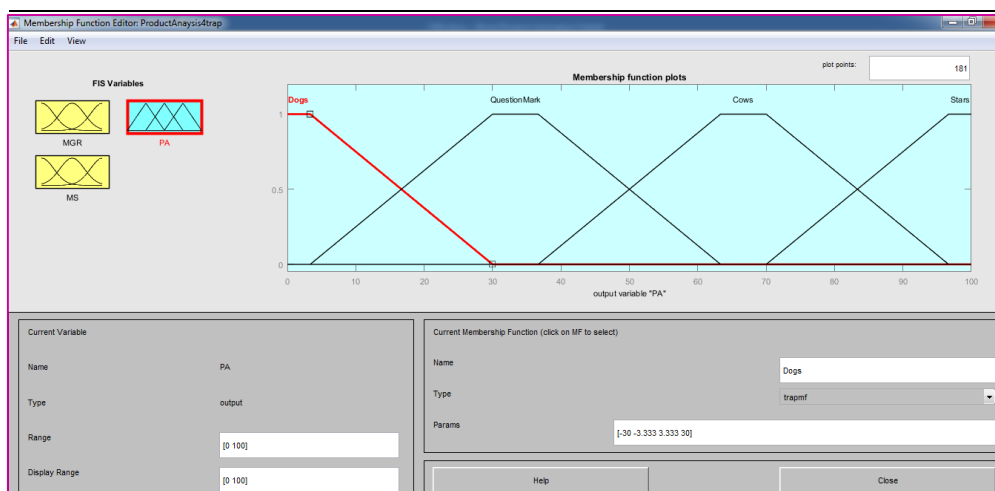
شکل ۲۰: تعیین تعداد و اسامی و ... برای خروجی و ورودی‌ها



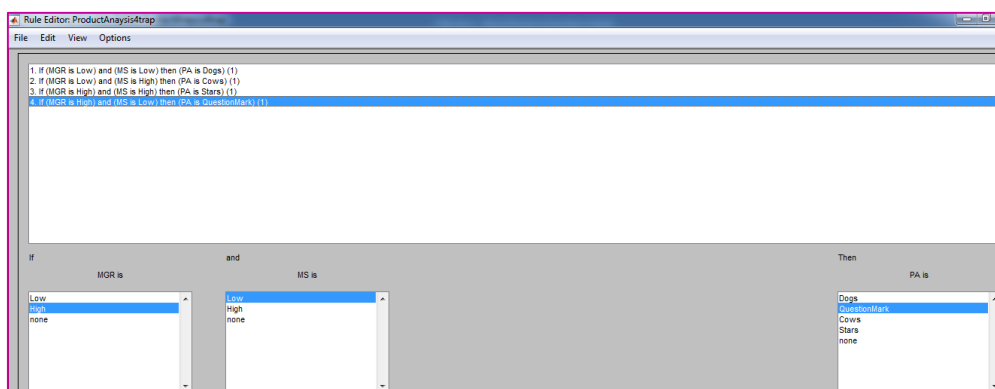
شکل ۲۱: تعیین توابع عضویت ورودی اول



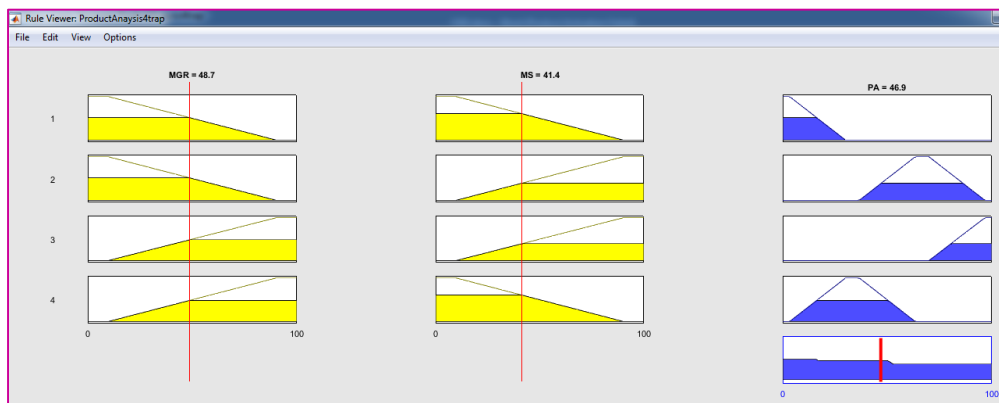
شکل ۲۲: تعیین توابع عضویت ورودی دوم



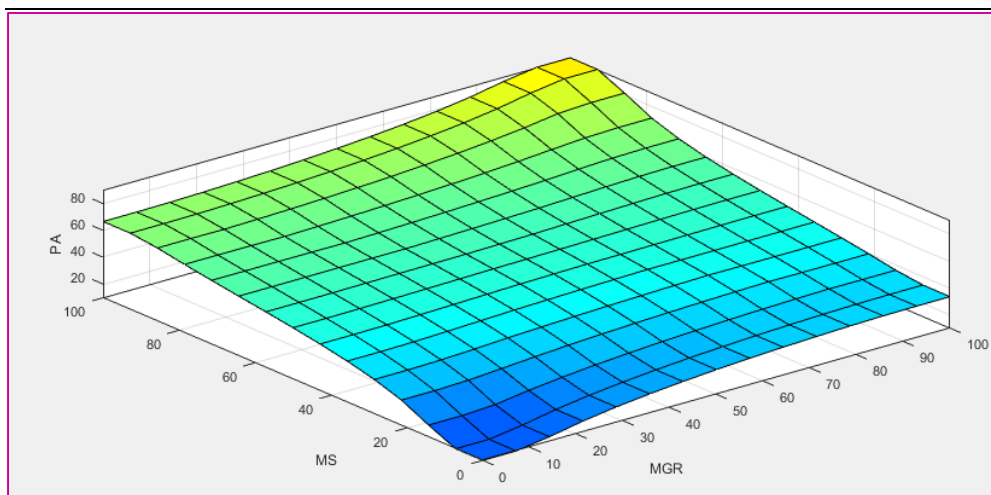
شکل ۲۳: تعیین توابع عضویت خروجی



شکل ۲۴: بررسی قوانین فازی کار

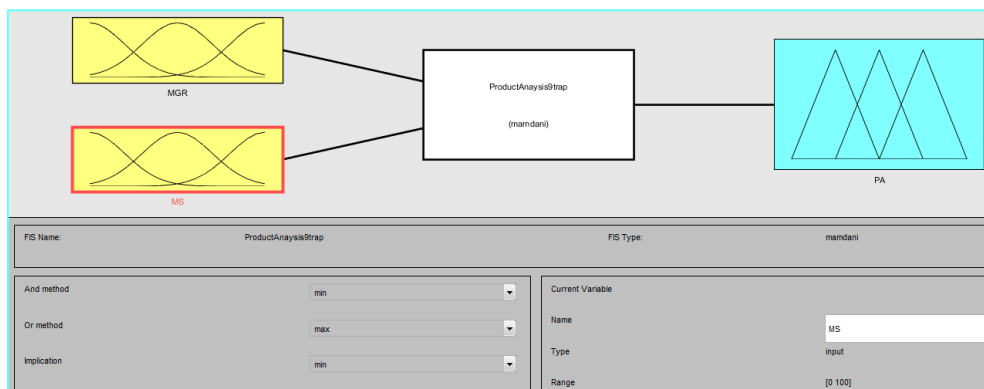


شکل ۲۵: بررسی قواعد فازی و بررسی یک نمونه از عملکرد کار

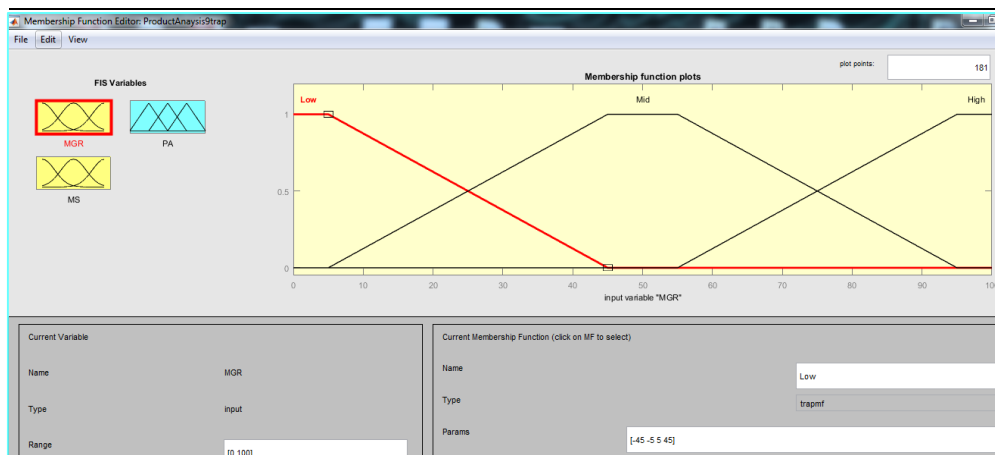


شکل ۲۶: بررسی سطح سه‌بعدی طراحی انجام شده

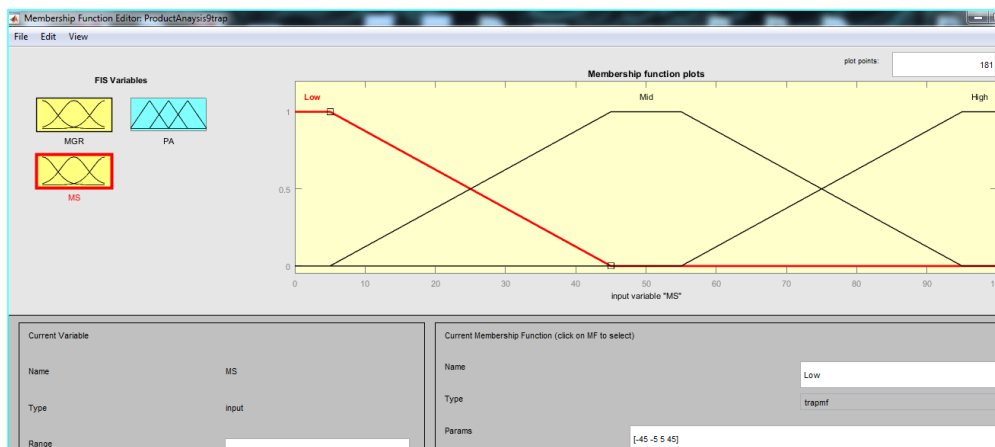
* حالت ۴: نگارش نه قانون با توابع عضویت ذوزنقه‌ای سه حالت
اشکال ۲۷ تا ۳۳ برای حالت چهارم است.



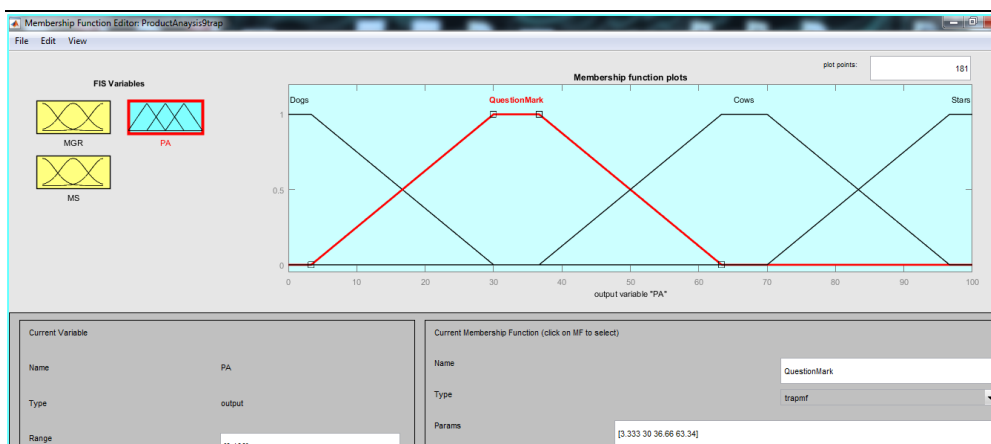
شکل ۲۷: تعیین تعداد و اسامی و ... برای خروجی و ورودی‌ها



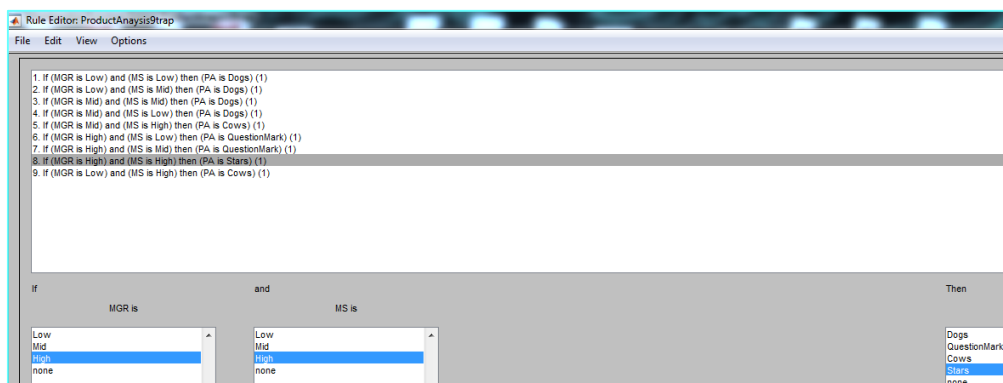
شکل ۲۸: تعیین توابع عضویت ورودی اول



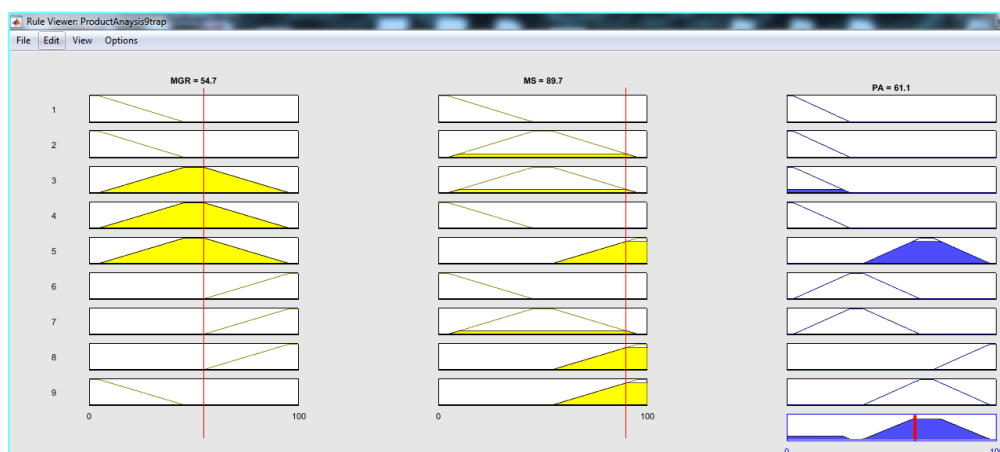
شکل ۲۹: تعیین توابع عضویت ورودی دوم



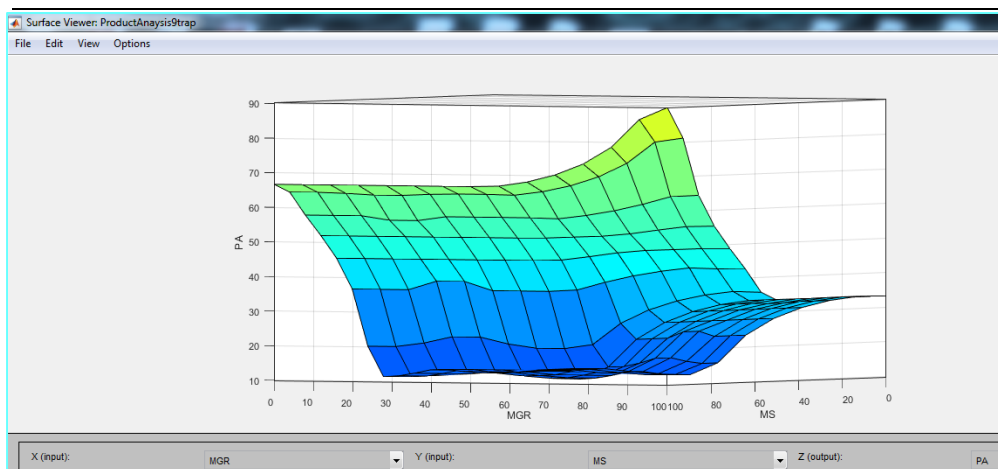
شکل ۳۰: تعیین توابع عضویت خروجی



شکل ۳۱: بررسی قوانین فازی کار



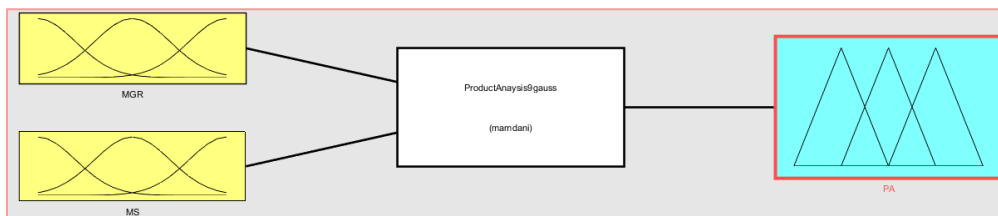
شکل ۳۲: بررسی قواعد فازی و بررسی یک نمونه از عملکرد کار



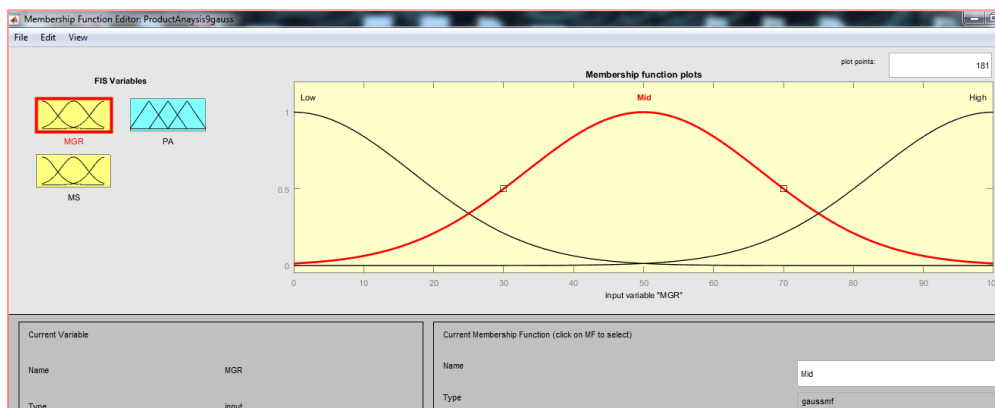
شکل ۳۳: بررسی سطح سه بعدی طراحی انجام شده

* حالت ۵: نگارش نه قانون با توابع عضویت گاوسی (نوع دو) سه حالت

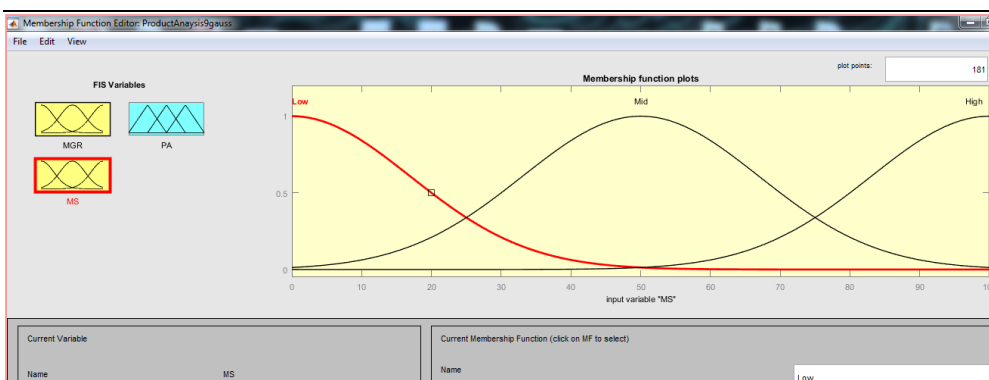
اشکال ۳۴ تا ۴۰ برای حالت پنجم است.



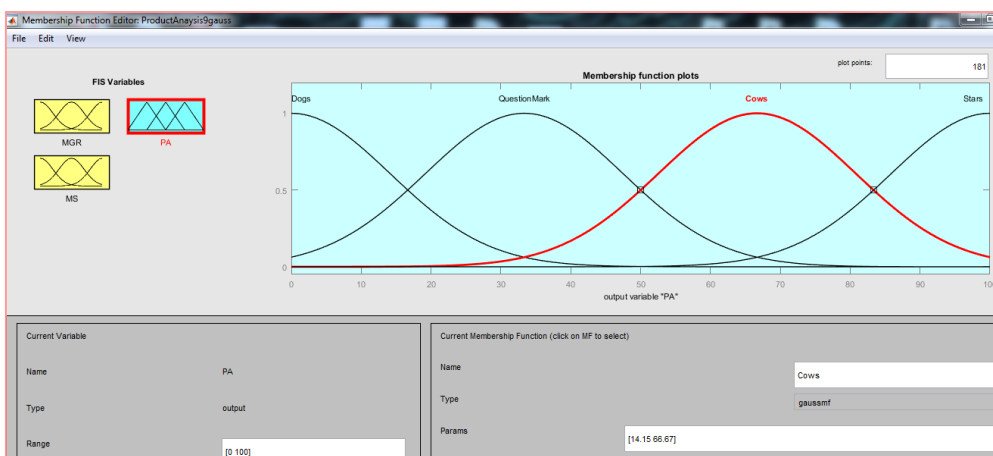
شکل ۳۴: تعیین تعداد و اسامی و ... برای خروجی و ورودی‌ها



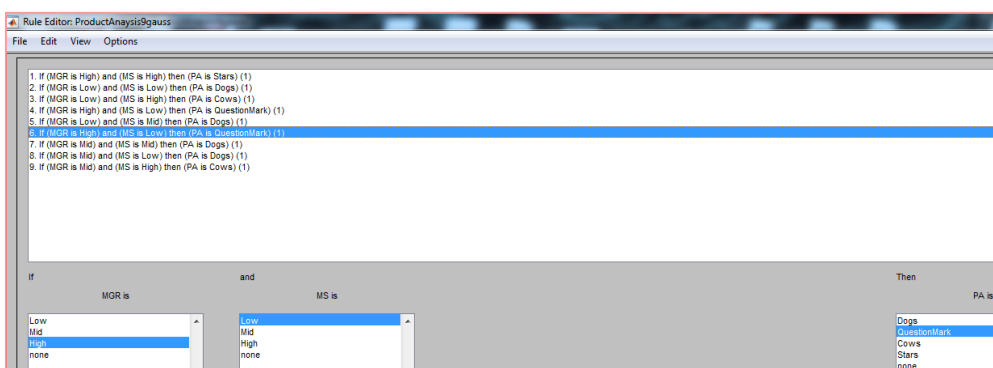
شکل ۳۵: تعیین توابع عضویت ورودی اول



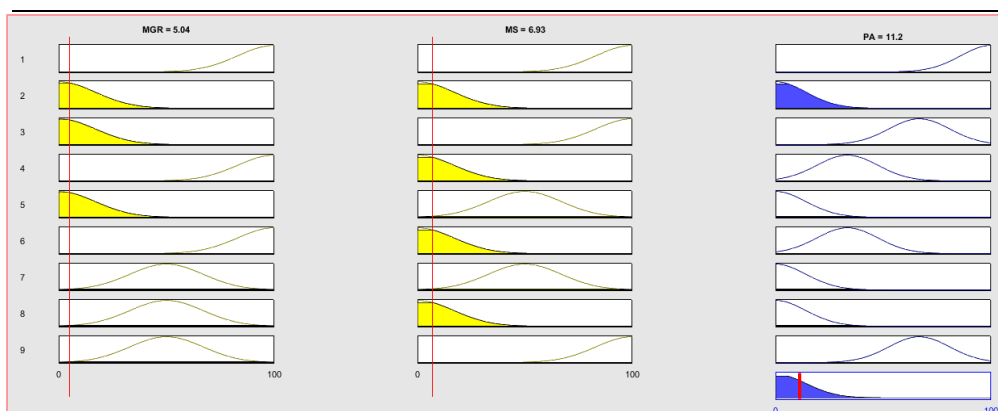
شکل ۳۶: تعیین توابع عضویت ورودی دوم



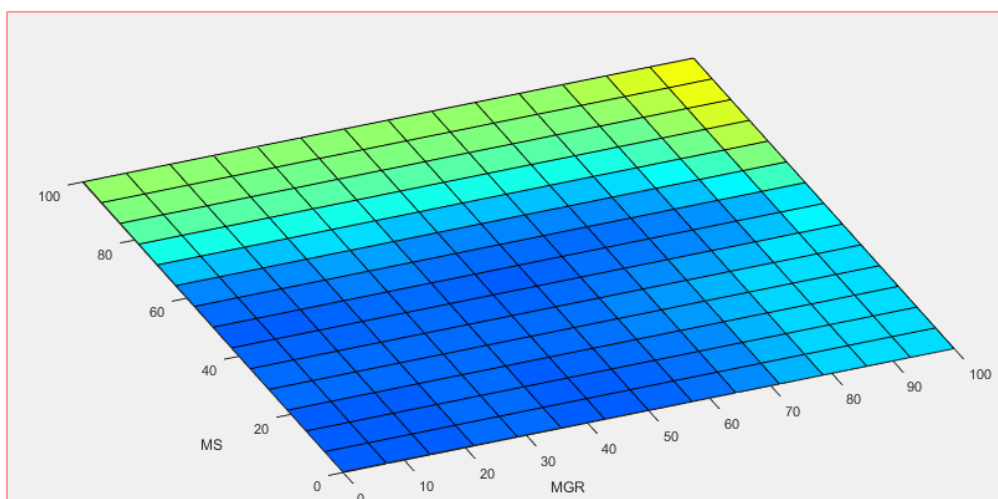
شکل ۳۷: تعیین توابع عضویت خروجی



شکل ۳۸: بررسی قوانین فازی کار



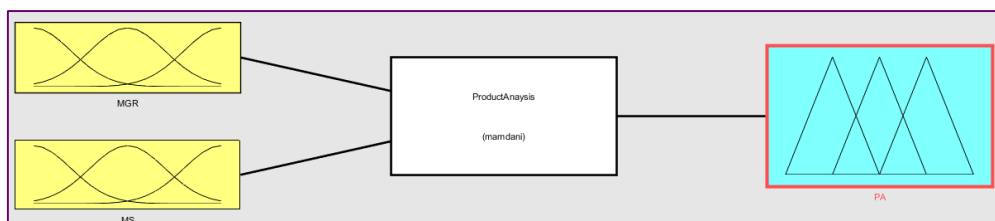
شکل ۳۹: بررسی قواعد فازی و بررسی یک نمونه از عملکرد کار



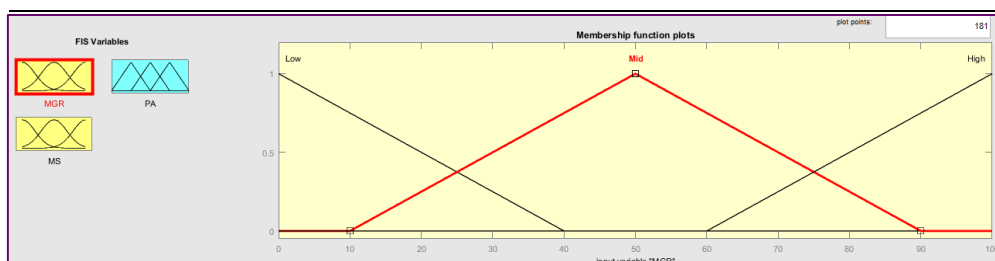
شکل ۴۰: بررسی سطح سه‌بعدی طراحی انجام شده

* حالت ۶: نگارش نه قانون با توابع عضویت مثلثی سه حالت

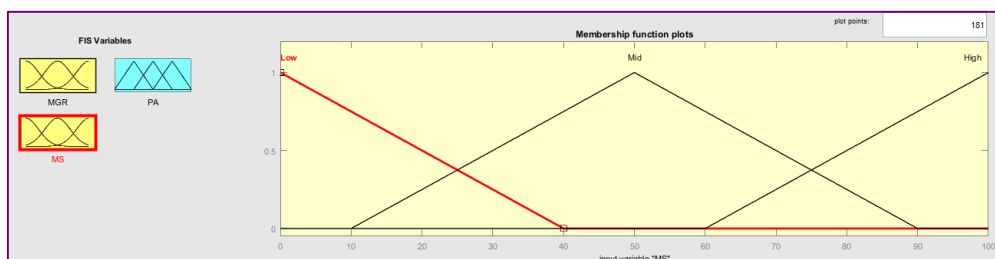
اشکال ۴۱ تا ۴۷ برای حالت ششم است.



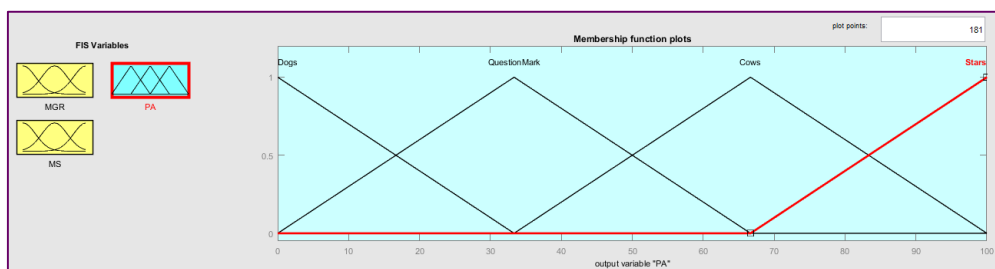
شکل ۴۱: تعیین تعداد و اسامی و ... برای خروجی و ورودی‌ها



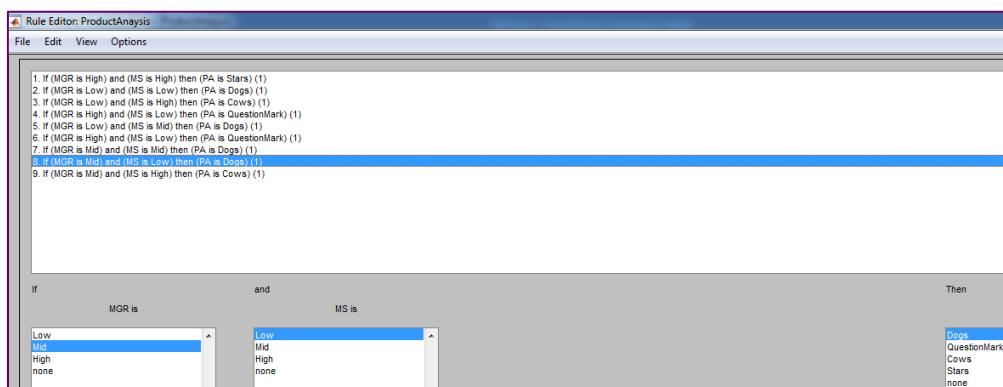
شکل ۴۲: تعیین توابع عضویت ورودی اول



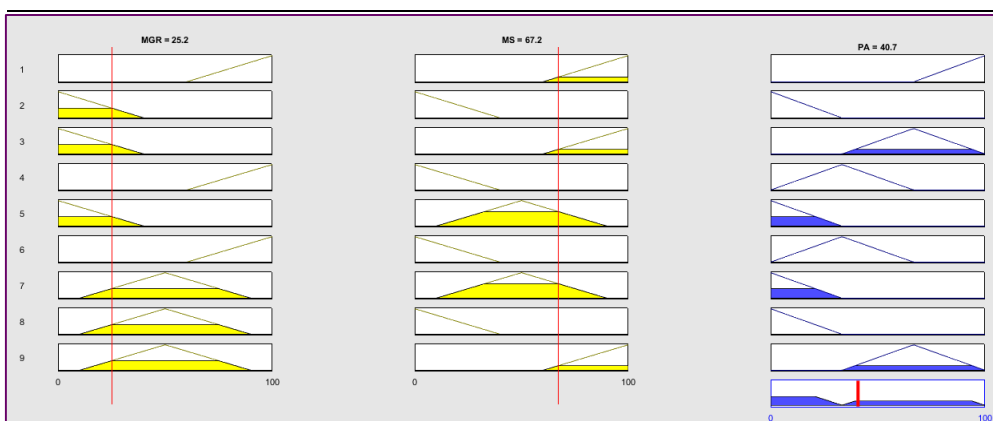
شکل ۴۳: تعیین توابع عضویت ورودی دوم



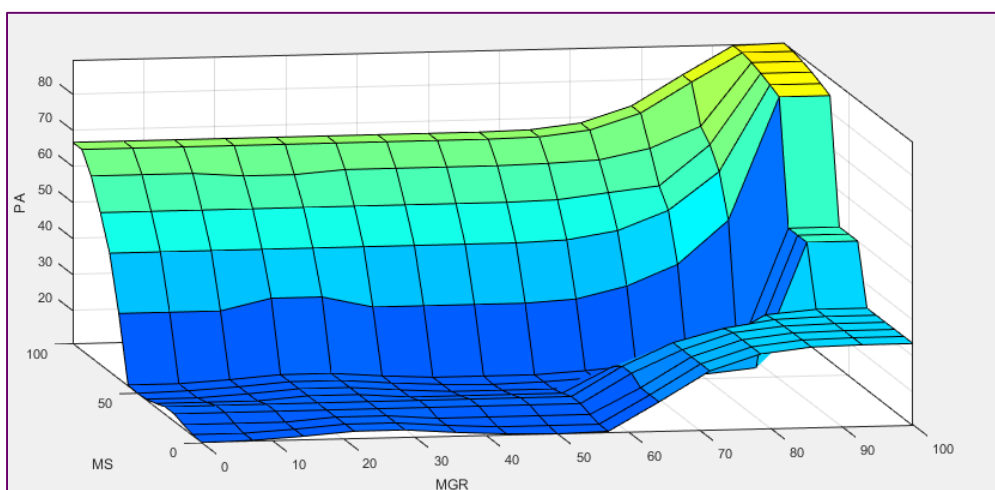
شکل ۴۴: تعیین توابع عضویت خروجی



شکل ۴۵: بررسی قوانین فازی کار



شکل ۴۶: بررسی قواعد فازی و بررسی یک نمونه از عملکرد کار



شکل ۴۷: بررسی سطح سه‌بعدی طراحی انجام شده

۳. نتیجه‌گیری

در اهمیت رشته مدیریت همین بس که کلیه اتفاقات و رویدادها، با تصمیم‌های مدیران اتفاق می‌افتد؛ پس هر چقدر تصمیمات مدیران دقیق‌تر، حساب شده‌تر و کارشناسی شده‌تر باشد، احتمال اینکه خروجی‌های بهتری گرفته شود، بیشتر است؛ مدیریت استراتژیک، یکی از زیرشاخه‌های رشته مدیریت بوده که توجه به آن در موفقیت هر سازمانی، بسیار تاثیرگذار خواهد بود؛ در مباحث این زیرشاخه، روی مطالب متنوعی بحث می‌شود که یکی از آن‌ها مبحث تحلیل نوع محصولات با دسته‌بندی‌های مختلف است؛ در یکی از دسته‌بندی‌های انواع محصولات، کالاها اصطلاحاً به یکی از چهار نوع علامت‌های سوال، ستارگان، گاوهای شیرده و سگ‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند؛ این عناوین، اصطلاحاتی هستند که هر کدام به نوعی از محصولات با ارزیابی بر اساس نرخ توسعه بازار و سهم بازار اختصاص پیدا می‌کنند؛ هدف در این مقاله، کار در حیطه مدل‌سازی تحلیل محصولات با یک روش هوشمند، آن هم روشی

مبتنی بر دانش انسانی بوده است؛ در مقاله حاضر، پس از بیان مطالب مقدماتی در خصوص مدیریت استراتژیک، تحلیل محصولات و منطق فازی با توضیحات کافی، به مدل‌سازی تحلیل محصولات به سبک مذکور با استفاده از منطق فازی پرداخته شده است؛ مدل‌سازی‌ها در شش حالت بر اساس تعداد توابع عضویت ورودی‌ها و تعداد قوانین فازی انجام شد و تصاویر نرم‌افزاری آن‌ها به‌طور کامل ارائه شد. در مقالات آتی، می‌توان تحلیل محصولات را با سبک‌های دیگری پیاده کرد و به مباحث تکمیلی دیگر نیز پرداخت؛ همچنین می‌توان نمونه‌های موردی را مورد بررسی قرار داد و محصولات آن‌ها را در دسته‌بندی‌ها قرار داد و روی آن‌ها بحث کرد.

مراجع

- [1] J. H. Holland, Adaptations in Natural and Artificial Systems: MIT press, 1975.
- [2] V.A. Constantin, Fuzzy logic and neuro-fuzzy applications explained, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1995.
- [3] S. H. Ling, Member, IEEE, Nuryani, and H. T. Nguyen, Senior Member, IEEE, "Evolved Fuzzy Reasoning Model for Hypoglycemic Detection ",32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS Buenos Aires, Argentina, August 31 - September 4, 2010.
- [4] Zhen-Yu Zhao; M. Tomizuka; S. Isaka, Fuzzy gain scheduling of PID controllers, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics (Volume: ۲۳, Issue: ۵, Sep/Oct ۱۹۹۳).
- [5] <https://faradars.org/>
- [6] Zhen-Yu Zhao; M. Tomizuka; S. Isaka, Fuzzy gain scheduling of PID controllers, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics (Volume: ۲۳, Issue: ۵, Sep/Oct ۱۹۹۳).
- [۷] Ahmad M.Ibrahim "Applied Fuzzy Logic Controllers" Published by Prentice Hall India.
- [۸] John Yen, Reza Langari "Fuzzy Logic Intelligence Control and Information" Published by Pearson Education Pte Limited.
- [۹] Timothy J.Ross, "Fuzzy Logic with Engineering Applications" Published by McGraw Hill International Editions.
- [۱۰] E.H.Mamdani & S.Assilian, "An Experiment in Linguistic Synthesis with Fuzzy Logic Controller".
- [۱۱] H.A.Toliyat, M.S. Arefeen "Introduction to Fuzzy Logic".

[۱۲] B.K. Bose, "Fuzzy Logic, and Neural Network Application.

[۱۳] S.YASUNOBU, "A Fuzzy Control for Train Automatic Stop Control".

[۱۴] chapman, "Electric Machinery Fundamentals Book", ξ □□.

[۱۵] W.Temple, "On Train Automatic Stop Control Using Balises: Attacks and a Software-Only Countermeasure", 2017 IEEE 22nd Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing.

[۱۶] M.Matsumoto, "The Revolution of Train Control System in JAPAN".

[۱۷] نظام الدین فقیه و نازک نوبری، کتاب "کنترل کیفیت فازی"، انتشارات نوید شیراز، ۱۳۸۳.

[۱۸] ژین لی وانگ، "سیستم‌های کنترل فازی"، ترجمه دکتر محمد تشنه لب.

[۱۹] فرد آر. دیوید، مدیریت استراتژیک، چاپ یازدهم ۱۳۸۶.