

تعیین ظرفیت بهینه سیستم های تولید با استفاده از برنامه ریزی خطی فازی

امامعلی ساعتی^۱، حامد شاکریان^۲، محمدنظیر پرویز^۳

^۱ دانشجوی دکتری تخصصی، رشته مدیریت صنعتی، گروه مدیریت، دانشکده اقتصاد؛ حسابداری و مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، آذربایجان شرقی، ایران

^۲ دانشجوی دکتری تخصصی، رشته مدیریت صنعتی، گروه مدیریت، دانشکده اقتصاد؛ حسابداری و مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، آذربایجان شرقی، ایران

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته مدیریت دولتی، گروه مدیریت، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، آذربایجان غربی، ایران

نویسنده مسئول:

امامعلی ساعتی

چکیده

جهت دستیابی به بهترین ظرفیت سیستم های تولید و کاهش تابع هزینه ها، یک مدل خطی ریاضی توسعه داده شد. در این مدل خطی، هزینه تولید نیروی خورشیدی، دیزلی و بادی در نیروگاه ها بررسی شده و چنین فرض شد که هیچ ابهامی در هزینه های تولید برق در هر واحد (کیلووات) وجود ندارد اما در مسائل واقعی، ممکن است داده ها دچار نوساناتی شده یا دقیقاً بیان نشوند. این چنین نوساناتی را می توان به خوبی با کمک توابع فازی بررسی نمود. منطق فازی را می توان در ۳ مرحله و مطابق با موارد زیر، اجرا نمود: (۱) فازی سازی: فرآیند نگاشت مقادیر ورودی به تابع عضویت فازی بوده که در آن، تابع عضویت، یک نگاشت مشخصی از مقادیر ورودی در دامنه بین ۰ و ۱ است. درجه فازی سازی به برخی عوامل خاص در یک مجموعه تعریف شده، تعلق دارد، (۲) قوانین استنتاج فازی: مرحله توسعه قوانین فازی با مرحله مشاهده ورودی و خروجی در ارتباط بوده که به آن قانون استنتاج فازی گویند. برای مثال: اگر دمای اتاق خنک باشد بنابراین سرعت پنکه را باید کم کرد. اگر دمای اتاق داغ باشد، بنابراین سرعت پنکه را باید افزایش داد. اگر دمای اتاق گرم باشد بنابراین باید سرعت پنکه را در حالت متوسط قرار داد، (۳) غیر فازی سازی: غیر فازی سازی را می توان فرآیند تبدیل مقادیر فازی به مقادیر قطعی در نظر گرفت. ۳ رویکرد مختلف جهت تعیین ظرفیت سیستم های تولید وجود دارد لذا باید تابع هزینه به حداقل برسد. در واقع، برنامه ریزی خطی جهت تعیین ظرفیت سیستم های تولید استفاده شده و می توان گفت موتور دیزلی جهت تولید برق بیشتر و کاهش تابع هزینه استفاده شده گرچه هزینه های مربوط به باد و خورشید نیز زیاد است اما هزینه های تولید برق با کمک روش دیزلی، کمتر از سایر روش ها خواهد بود. مسئله برنامه ریزی خطی فازی همراه با تابع هدف فازی به دقت بررسی شده و مشخص شد که هزینه تولید برق، یک عامل مهم است با توجه به این نتایج، تکنیک های مختلف غیر فازی سازی می توانند مقادیر بهینه ای ارائه نموده که این امر بستگی به تابع عضویت دارد دو روش ماکزیمم-مینیمم و میانگین وزن دار در میان سایر روش ها از بازدهی بالایی برخوردار بوده و روش برنامه ریزی خطی فازی نیز نسبت به برنامه ریزی خطی از اعداد بهینه تری برخوردار است. مسائل برنامه ریزی خطی فازی همراه با محدودیت ها و هدف فازی را می توان با کمک روش ماکزیمم-مینیمم و مقارن حل نمود. در میان ۳ روش موجود، روش مرکز ثقل از نتایج مطلوب تری برخوردار است. بنابراین موتور دیزلی می تواند برق بیشتری نسبت به سایر روش ها تولید کند. این روش برای رفع ابهامات موجود مناسب است چه در ضرائب هزینه و چه تعداد واحدهای سیستم های تولید لذا می توان از این روش جهت تصمیم گیری در شرایط مبهم و پیچیده استفاده نمود.

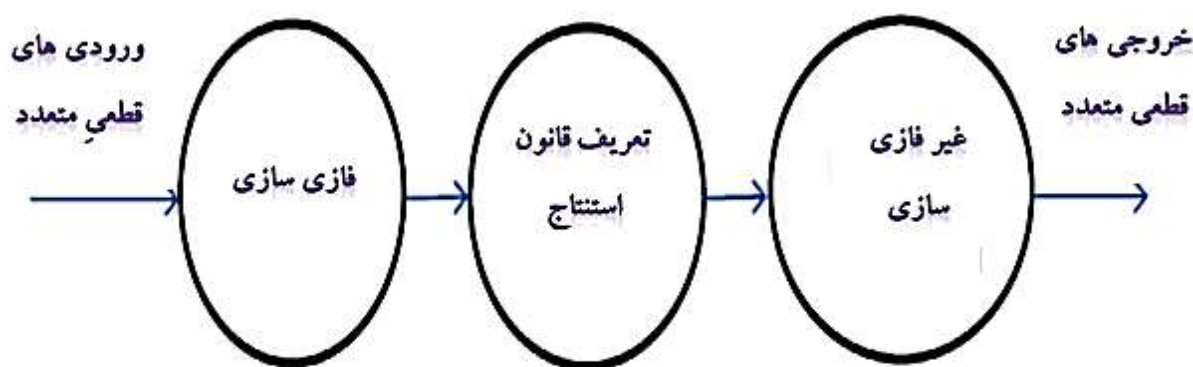
واژگان کلیدی: ظرفیت بهینه، سیستم تولید، برنامه ریزی خطی، برنامه ریزی خطی فازی

مقدمه:

جهت دستیابی به بهترین ظرفیت سیستم های تولید و کاهش تابع هزینه ها، یک مدل خطی ریاضی توسعه داده شد. در این مدل خطی، هزینه تولید نیروی خورشیدی، دیزلی و بادی در نیروگاه ها بررسی شده و چنین فرض شد که هیچ ابهامی در هزینه های تولید برق در هر واحد (کیلووات) وجود ندارد اما در مسائل واقعی، ممکن است داده ها دچار نوساناتی شده یا دقیقاً بیان نشوند. این چنین نوساناتی را می توان به خوبی با کمک توابع فازی بررسی نمود. مدل برنامه ریزی خطی فازی جهت دستیابی به ظرفیت هر نیروگاه و کاهش هزینه های کلی تولید، ارائه خواهد شد [1]. در واقع، ما معادلات ریاضی را به دو بخش تقسیم می کنیم. در بخش نخست، مشکلات مربوط به هزینه تولید برق، مطابق با آنچه که در مدل ریاضی ذکر شده، بیان خواهد شد در بخش دوم نیز، مشکلات و ابهامات مربوط به هزینه، تعداد واحدهای سیستم های تولید و ظرفیت تولید در هر نیروگاه، بررسی می شود. از این طریق، سرمایه گذاران بهتر می توانند تصمیم گیری نمایند. برنامه ریزی خطی فازی در مقایسه با برنامه ریزی کلاسیک، از نوسانات و تغییرات بیشتری برخوردار بوده و به نحوه توسعه مدل، بستگی دارد. در این مدل ها، می توان مسائل واقعی را مورد بررسی قرار داد [2]. منطق فازی را می توان ابزاری بسیار مهم جهت بررسی ابهامات داده ها و مشکلات مربوط به تابع هزینه، تعداد واحدهای سیستم های تولید و مینیمم ظرفیت تولید در هر نیروگاه، در نظر گرفت. البته باید با برخی اصطلاحات و واژه های تخصصی منطق فازی آشنا شد. در بخش بعد، برخی مفاهیم مربوط به منطق فازی، نحوه بررسی داده های فازی و چگونگی عملیات و ویژگی های منطق فازی بیان خواهد شد. منطق فازی نخستین بار توسط لطفی زاده ارائه شد و در از تعاریف زبان شناختی به جای توسعه مدل ریاضی، استفاده گردید برخی سیستم ها از پیچیدگی بالایی برخوردار اند لذا توسعه مدل در آن ها بسیار سخت بوده و تنها با کمک معادلات ریاضی امکان پذیر است. از این رو، اصطلاحات زبان شناختی، نقش بسزایی را در مدلسازی چنین سیستم هایی ایفا می کنند. پیش از ارائه برنامه ریزی خطی فازی، باید با برخی مفاهیم منطق فازی و نحوه اجراء آن آشنا شد [3].

اجرای منطق فازی:

منطق فازی را می توان در ۳ مرحله و مطابق با موارد زیر، اجراء نمود: (۱) فازی سازی: فرآیند نگاشت مقادیر ورودی به تابع عضویت فازی بوده که در آن، تابع عضویت، یک نگاشت مشخصی از مقادیر ورودی در دامنه بین ۰ و ۱ است. درجه فازی سازی به برخی عوامل خاص در یک مجموعه تعریف شده، تعلق دارد، (۲) قوانین استنتاج فازی: مرحله توسعه قوانین فازی با مرحله مشاهده ورودی و خروجی در ارتباط بوده که به آن قانون استنتاج فازی گویند. برای مثال: اگر دمای اتاق خنک باشد بنابراین سرعت پنکه را باید کم کرد. اگر دمای اتاق داغ باشد، بنابراین سرعت پنکه را باید افزایش داد [4]. اگر دمای اتاق گرم باشد بنابراین باید سرعت پنکه را در حالت متوسط قرار داد، (۳) غیر فازی سازی: غیر فازی سازی را می توان فرآیند تبدیل مقادیر فازی به مقادیر قطعی در نظر گرفت. جهت تولید یک خروجی سودمند و با ارزش، استفاده از این روش مورد نیاز خواهد بود. در ادامه می توانید اجراء منطق فازی را مشاهده کنید [5].



شکل ۴.۱: مراحل اجراء منطق فازی

برنامه ریزی خطی فازی:

بلمن و زاده (۱۹۷۹)، مفهوم بهینه سازی تصمیم گیری در برنامه ریزی خطی فازی را مطرح کردند. تاناکا و همکاران (۱۹۸۴) نیز از مفهوم بهینه سازی تصمیم گیری در حوزه برنامه ریزی ریاضی استفاده کردند. زیمرمن (۱۹۸۳) نیز برای حل مسائل چند هدفه برنامه ریزی خطی، یک رویکرد فازی را توسعه دادند. نگوئیتا (۱۹۷۰) به فرمول نویسی مسائل خطی فازی با استفاده از ضرائب فازی پرداخته و نام آن را برنامه ریزی کارآ نامیدند. می توان با کمک مدل برنامه ریزی خطی، مسائل مطرح شده در دنیای واقعی را با استفاده از دیدگاه متخصصین و افراد خبره، مورد حل و فصل قرار داد البته دریافت اطلاعات دقیق و کامل از پارامترهای سیستم در مسائل دنیای واقعی، کار چندان ساده ای نیز نخواهد بود لذا آشنایی با نحوه توسعه مدل های فازی برای چنین مسائلی، حائز اهمیت خواهد بود [6]. بلمن و زاده، در تعریف خود از تصمیمات فازی، بیان کردند برنامه ریزی ریاضی یکی از حوزه های جذاب پیش روی محققان بوده و اکثر مطالعات صورت گرفته بر روی برنامه ریزی خطی فازی توسط تاناکا / همکاران و زیمرمن انجام شد، این افراد با کمک مسائل برنامه ریزی خطی فازی به حل روش های مختلف برنامه ریزی خطی فازی پرداخته گرچه، زیمرمن و همکاران، به توسعه مسائل برنامه ریزی خطی فازی اقدام کردند [7].

انواع برنامه ریزی خطی فازی:

چهار نوع برنامه ریزی خطی فازی وجود دارد که عبارتند از: برنامه ریزی خطی فازی همراه با محدودیت های فازی، مدل کلی از برنامه ریزی خطی فازی، برنامه ریزی خطی فازی همراه با ضرائب فازی، برنامه ریزی فازی همراه با اهداف فازی. در مطالعات پیشین، ما به بررسی برنامه ریزی خطی فازی همراه با ضرائب فازی و اهداف فازی پرداخته ایم [8].

فرمول نویسی معادلات ریاضی فازی:

راجع به نحوه نوشتن برنامه ریزی خطی فازی و توسعه مدل خطی، مطالبی ذکر شد. مدل برنامه ریزی خطی ارائه شده و نشان دادیم که محدودیت ها و تابع هدف، اصالتاً غیر فازی هستند. در این بخش، فازی بودن این دو را در یک مدل برنامه ریزی خطی عنوان می کنیم لذا دو مسئله پیش روی داریم: مدل برنامه ریزی خطی همراه با تابع هدف فازی، مدل برنامه ریزی خطی همراه با محدودیت ها و تابع هدف فازی [9].

مدل کلی برنامه ریزی خطی فازی:

برنامه ریزی خطی فازی کلی بدین صورت نوشته می شود که $\tilde{c}, \tilde{A} \text{ and } \tilde{b}$ در تابع هدف، پارامترهای فازی بوده و محدودیت های x نیز همان بردار تصمیم گیری قطعی می باشد. این تابع هدف و محدودیت های آن اصولاً فازی هستند و در برنامه ریزی خطی فازی، می توان تابع هدف را فازی نوشته اما محدودیت ها، فازی نخواهند بود. گاهی اوقات سمت راست محدودیت ها فازی بوده و گاهی اوقات نیز سمت چپ محدودیت ها، فازی هستند. به بررسی دو حالت مجزا می پردازیم یعنی تابع هدف، فازی بوده و حالت دوم، تابع هدف و تمام محدودیت ها، فازی هستند [10-11].

$$\text{Min } z = \tilde{c}^T x$$

$$\text{s.t. } \tilde{A}x \geq \tilde{b}$$

نوسانات موجود در هزینه ساخت نیروگاه های سیستم های تولید:

در برنامه ریزی خطی، ضرائب هزینه از مقدار ثابت برخوردار اند. در مسائل برنامه ریزی خطی فازی، نوساناتی را در این ضرائب در تابع هدف، مد نظر قرار می دهیم که عبارتند از: هزینه ساخت نیروگاه بادی بین ۴۵۰۰۰ تا ۵۵۰۰۰ Rs در هر کیلو وات است، هزینه ساخت نیروگاه خورشیدی بین ۱۴۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ Rs در هر کیلو وات است، هزینه ساخت نیروگاه دیزلی بین ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ Rs در هر کیلو وات است

مدل برنامه ریزی خطی فازی همراه با تابع هدف فازی و محدودیت های قطعی:

یک مدل کلی برنامه ریزی خطی فازی همراه با محدودیت های قطعی و هدف فازی در ادامه نشان داده شده است. در برنامه ریزی خطی فازی، ابهامات مربوط به ضرائب و سایر موارد دیگر درست شبیه به برنامه ریزی خطی است که داریم: X_w

ظرفیت تولید برق از نیروی باد در هر واحد (کیلو وات). X_s ظرفیت تولید برق از نیروی خورشید در هر واحد (کیلو وات).
 X_c ظرفیت تولید برق از نیروی دیزل در هر واحد (کیلو وات)

تابع هدف:

مینیمم سازی اتلاف انرژی کل در سیستم، مینیمم سازی اتلاف انرژی، مینیمم سازی تغییرات ولتاژ، ماکزیمم سازی ظرفیت سیستم های تولید، مینیمم سازی هزینه ها، ماکزیمم سازی اتلاف انرژی پایداری ولتاژ

$$\text{Min } \Sigma [(45000, 55000)X_w + (140000, 150000)X_s + (20000, 30000)X_c] \quad (4.1)$$

محدودیت ها:

محدودیت های مربوط به نابرابری جریان برق، محدودیت افت ولتاژ یا ولتاژ باس، محدودیت سطح جریان کوتاه، محدودیت مربوط به تولید برق، اندازه مجزا واحدهای سیستم های تولید، محدودیت های مربوط به نصب سیستم های تولید

$$1. \quad X_w + X_c + X_s \geq 1000 \text{KW} \quad (4.2)$$

$$2. \quad X_w + X_s \leq 0.5X_c \quad (4.3)$$

$$3. \quad X_w \geq 100 \text{ (KW)}, X_c \geq 100 \text{ (KW)}, X_s \geq 100 \text{ (KW)} \quad (4.4)$$

طریقه حل روش برنامه ریزی خطی فازی:

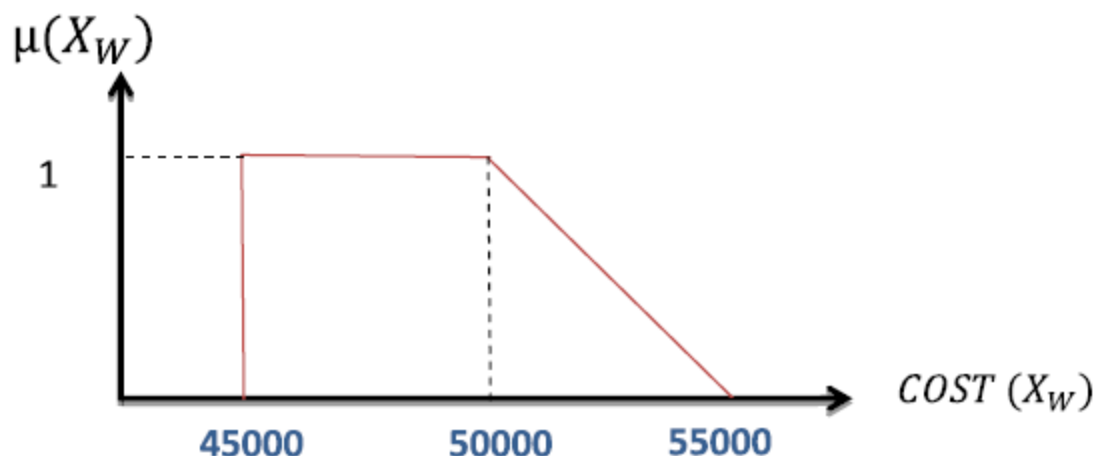
توسعه تابع عضویت برای ضرائب متغیر فازی، غیر فازی سازی سازی تابع عضویت، تبدیل برنامه ریزی خطی فازی به برنامه ریزی خطی، حل مسائل برنامه ریزی خطی با کمک الگوریتم سیمپلکس

تابع عضویت مربوط به نیروی سیستم های تولید:

تابع عضویت از ویژگی فازی شدن در یک مجموعه فازی برخوردار بوده و می توان منحنی درجه اعتماد برای یک مقدار ورودی را از طریق آن نشان داد. مقادیر مربوط به آن بین ۰ و ۱ بوده و بر اساس این مقادیر، داده های عددی یا شهودی، به دست می آیند. در ادامه، یک تابع عضویت مستطیلی با تمام ۳ سیستم های تولید آن نشان داده می شود. با توجه به اینکه ضرائب هزینه اصالتاً فازی هستند لذا تابع عضویتی برای هر واحد باید توسعه داد روش های مختلف غیر فازی سازی می توانند مقادیر فازی را به مقادیر مطلق تبدیل نموده و سپس برای حل مسائل از روش سیمپلکس استفاده نمود.

تابع عضویت هزینه مربوط به واحد تولید نیروگاه بادی:

مقدار عضویت برای عدد ۱، بین ۴۵۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ و برای عدد ۰ بیش از ۵۵۰۰۰ خواهد بود. هرچقدر تابع عضویت، بیشتر باشد احتمال قرار گرفتن تابع هزینه در این دامنه نیز افزایش خواهد یافت. لذا غیر فازی نمودن این تابع عضویت جهت تبدیل آن به مسائل برنامه ریزی خطی و حل با کمک روش سیمپلکس، الزامی است.

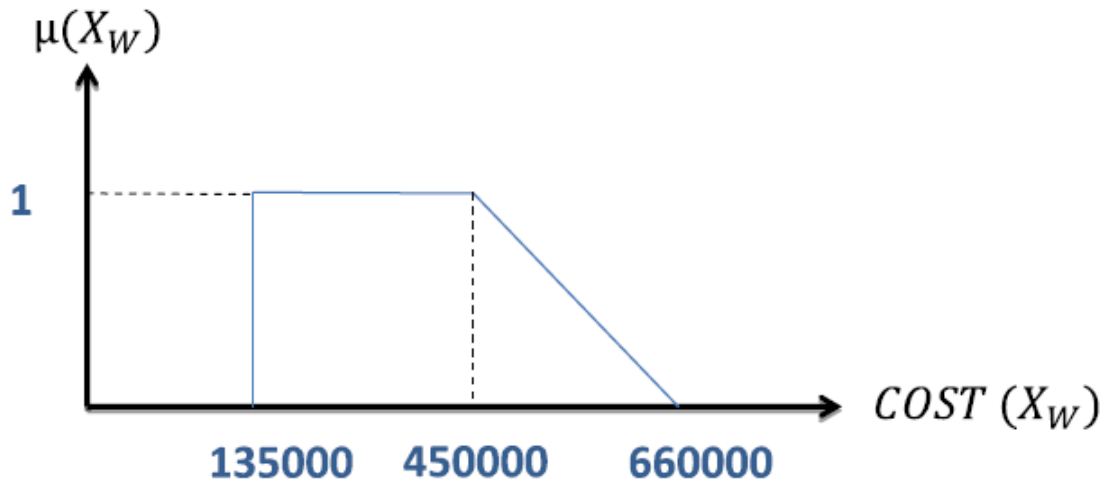


شکل ۴.۲: تابع عضویت هزینه مربوط به واحد تولید نیروگاه بادی

$$\mu(X_W) = \begin{cases} 1 & 45000 \leq X_W \leq 50000 \\ \frac{(55000 - X_W)}{5000} & 50000 \leq X_W \leq 55000 \\ 0 & X_W \geq 55000 \end{cases} \quad (4.5)$$

تابع عضویت هزینه استفاده شده در واحد تولید نیروگاه بادی:

تابع عضویت از مقدار بین ۰ و ۱ برخوردار بوده و در دامنه ۱، مقدار آن بین ۱۳۵۰۰ تا ۴۵۰۰۰ قرار دارد و به تدریج از مقدار این عدد کاسته شده و در دامنه ۱، تنها ۶۶۰۰۰۰ است.

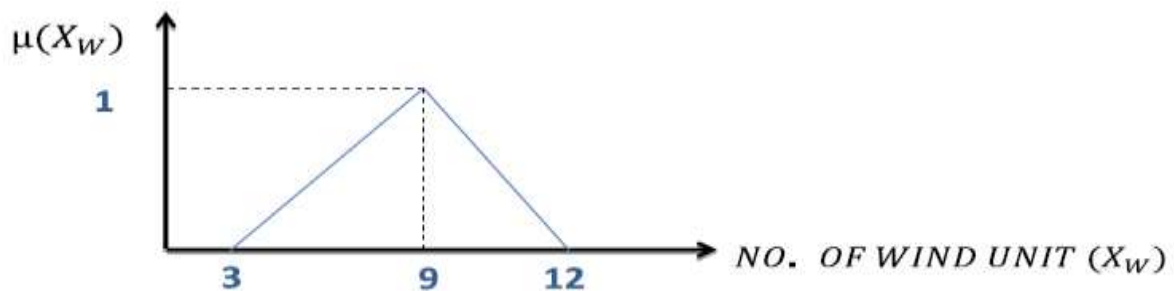


شکل ۴.۶: تابع عضویت هزینه استفاده شده در واحد تولید نیروگاه بادی

$$\mu(X_W) = \begin{cases} 1 & 135000 \leq X_W \leq 450000 \\ \frac{(660000 - X_W)}{210000} & 450000 \leq X_W \leq 660000 \\ 0 & X_W \geq 660000 \end{cases} \quad (4.23)$$

تابع عضویت هزینه استفاده شده برای تعداد تولید نیروگاه بادی:

توابع عضویت در مجموع مستطیلی هستند. مقادیر آن بین ۳ تا ۹ بوده و به تدریج به ۹-۱۲ می رسد که این مقدار در نهایت به صفر خواهد رسید. مقادیر تابع عضویت بین ۱۰ قرار داشته و ماکزیمم تابع عضویت نیز ۹ است محدوده این تابع بین ۳ تا ۹ بوده و به تدریج بر مقدار آن افزوده می شود که این امر نشان از استفاده مکرر از این واحد سیستم های تولید بوده گرچه مقدار آن کاهش یافته به ۹ تا ۱۲ می رسد.



شکل ۴.۸: تابع عضویت هزینه استفاده شده برای تعداد تولید نیروگاه بادی

$$\mu(X_W) = \begin{cases} (X_W - 3)/6 & 3 \leq X_W \leq 9 \\ (12 - X_W)/3 & 9 \leq X_W \leq 12 \\ 0 & X_W \geq 12 \end{cases} \quad (4.25)$$

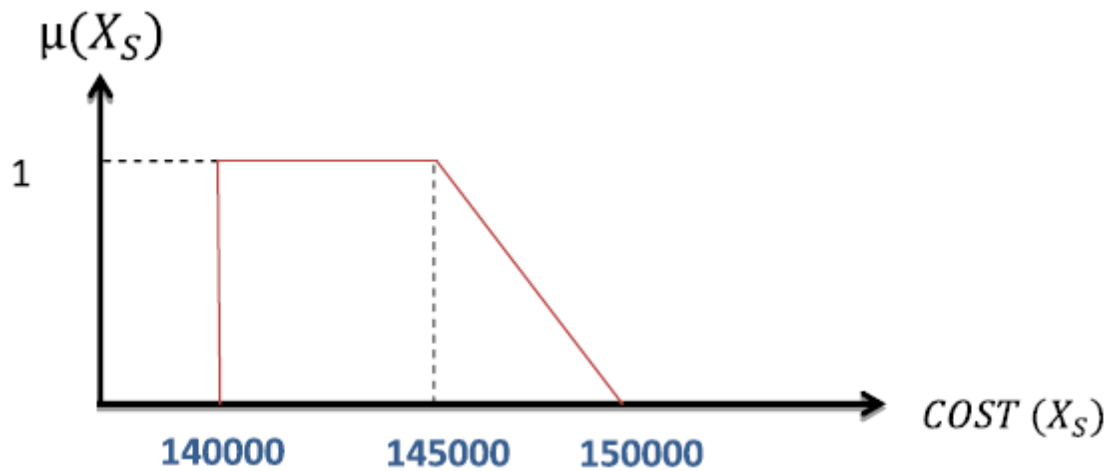
هزینه نیروگاه بادی:

$$(C_W) = \{(45,000) (55,000)\} \text{ Rs/kw}$$

تعداد نیروگاه های بادی:

$$= \{(3) (12)\}$$

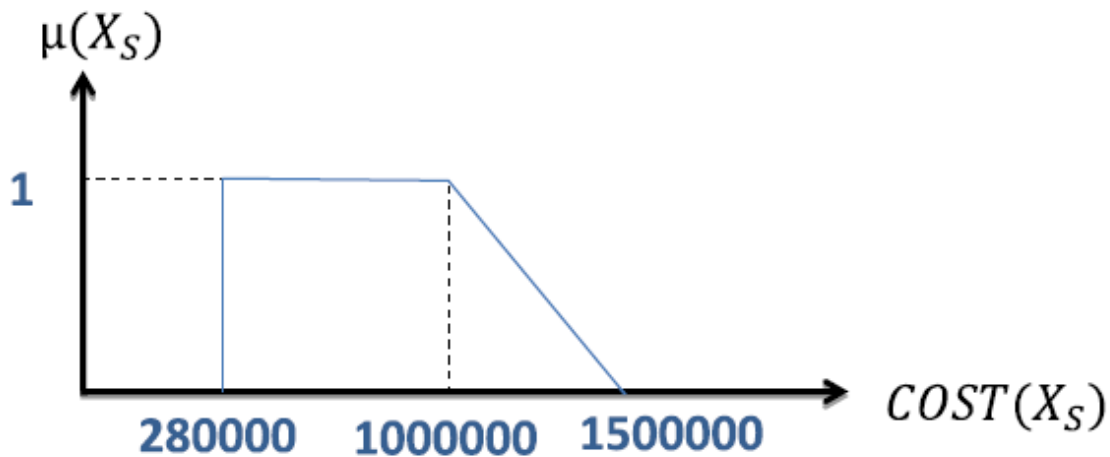
تابع عضویت هزینه مربوط به واحد تولید نیروگاه خورشیدی:



شکل ۴.۳: تابع عضویت هزینه مربوط به واحد تولید نیروگاه خورشیدی

$$\mu(X_S) = \begin{cases} 1 & 140000 \leq X_S \leq 145000 \\ (150000 - X_S)/5000 & 145000 \leq X_S \leq 150000 \\ 0 & X_S \geq 150000 \end{cases} \quad (4.6)$$

تابع عضویت هزینه استفاده شده در واحد تولید نیروگاه خورشیدی:

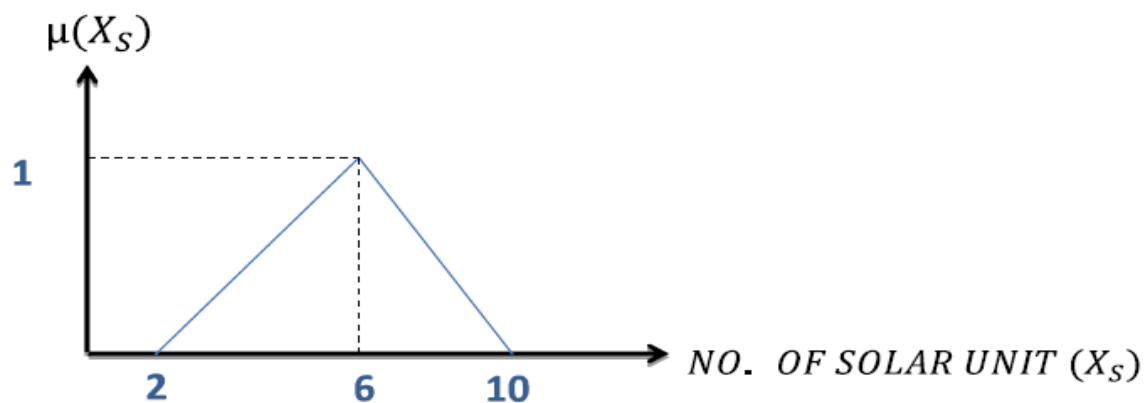


شکل ۴.۵: تابع عضویت هزینه استفاده شده در واحد تولید نیروگاه خورشیدی

$$\mu(X_s) = \begin{cases} 1 & 280000 \leq X_s \leq 1000000 \\ \frac{(1500000 - X_s)}{500000} & 1000000 \leq X_s \leq 1500000 \\ 0 & X_s \geq 1500000 \end{cases} \quad (4.22)$$

تابع عضویت هزینه استفاده شده برای تعداد تولید نیروگاه خورشیدی:

توابع عضویت در کل به شکل مستطیلی بوده و مقادیر آن بین ۲ تا ۶ است و به تدریج به ۶-۱۰ می رسد که این مقدار در نهایت به صفر خواهد رسید. مقادیر MF بین ۰ و ۱ قرار دارد. در دامنه ۲-۶، مقدار تابع عضویت به افزایش تدریجی رسیده که این امر نشان می دهد تعداد واحدهای سیستم های تولید که در این دامنه استفاده می شود، زیاد بوده و به تدریج به ۶ تا ۱۰ مورد کاهش می یابد.



شکل ۴.۹: تابع عضویت هزینه استفاده شده برای تعداد تولید نیروگاه خورشیدی

$$\mu(X_s) = \begin{cases} \frac{(X_s - 2)}{4} & 2 \leq X_s \leq 6 \\ \frac{(10 - X_s)}{4} & 6 \leq X_s \leq 10 \\ 0 & X_s \geq 10 \end{cases} \quad (4.26)$$

هزینه نیروگاه خورشیدی:

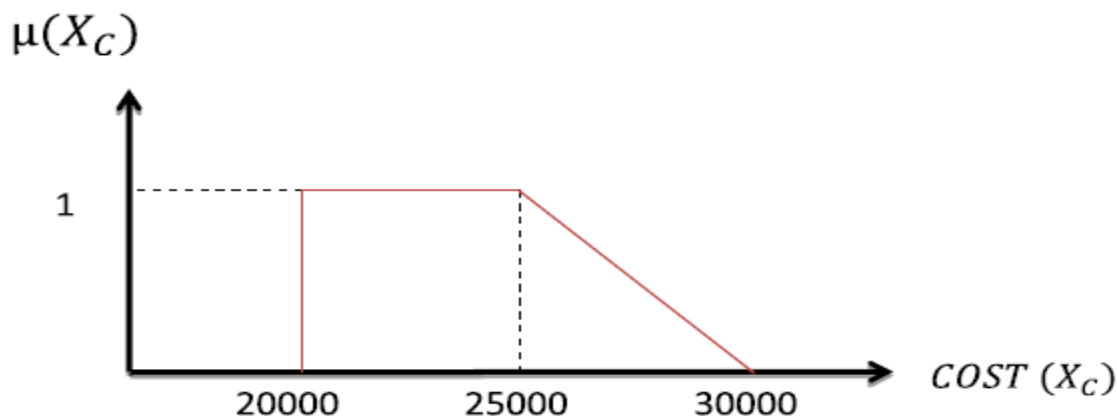
$$(C_s) = \{(140,000) (150,000)\} \text{ Rs/kw}$$

تعداد نیروگاه های خورشیدی:

$$= \{(2) (10)\}$$

تابع عضویت هزینه مربوط به واحد تولید نیروگاه دیزلی:

این مقادیر باید به اعداد قطعی تبدیل شوند تا از این طریق بتوان مسئله فوق را حل نمود. غیر فازی سازی را می توان فرآیند تبدیل مقادیر فاصله دار به مقادیر و اعداد قطعی نامید. پس از انجام تبدیل، برنامه ریزی خطی فازی نیز باید به برنامه ریزی خطی تبدیل شده و با کمک روش سیمپلکس، تابع را حل کرد.

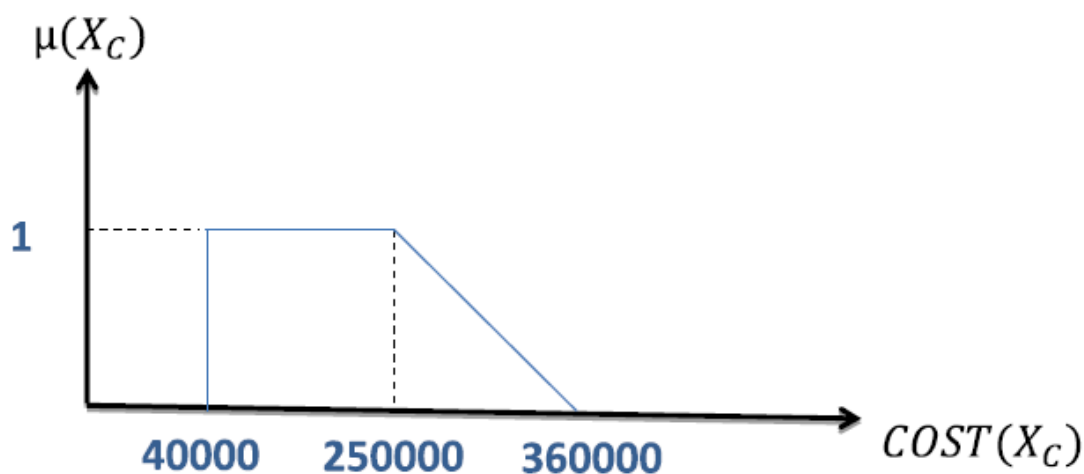


شکل ۴.۴ تابع هزینه مربوط به نیروگاه برق دیزلی

$$\mu(X_c) = \begin{cases} 1 & 20000 \leq X_c \leq 25000 \\ \frac{(30000 - X_c)}{5000} & 25000 \leq X_c \leq 30000 \\ 0 & X_c \geq 30000 \end{cases} \quad (4.7)$$

تابع عضویت هزینه استفاده شده در واحد تولید نیروگاه دیزلی:

تابع عضویت مستطیلی سمت راست مربوط به واحد سیستم های تولید بوده و از مقدار بین ۰ و ۱ برخوردار است. در مقدار ۱، دامنه آن بین ۴۰۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰۰ قرار داشته یعنی هزینه واحد تولید برق دیزلی در این دامنه متغیر بوده و به تدریج از مقدار آن کاسته شده و در دامنه ۰ به ۳۶۰۰۰۰ می رسد.

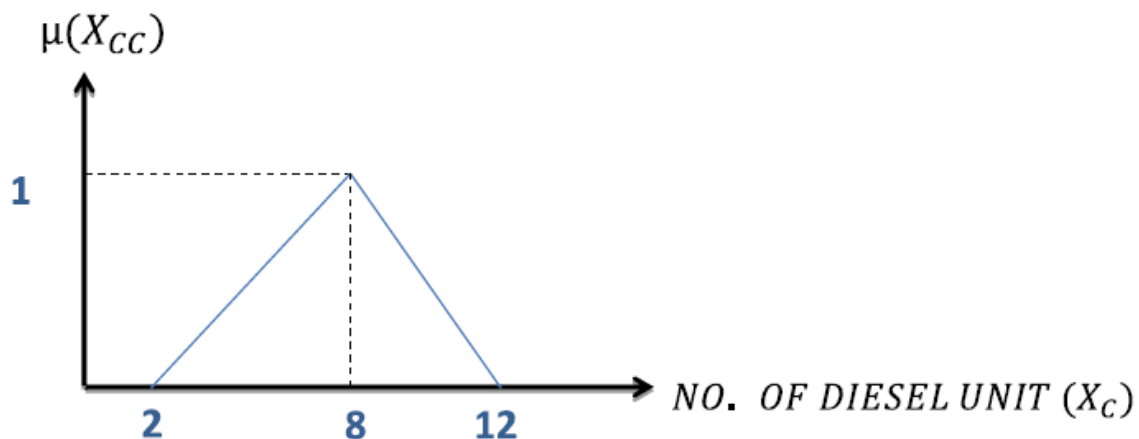


شکل ۷: تابع عضویت هزینه استفاده شده در واحد تولید نیروگاه دیزلی

$$\mu(X_C) = \begin{cases} 1 & 40000 \leq X_C \leq 250000 \\ (360000 - X_C)/110000 & 250000 \leq X_C \leq 360000 \\ 0 & X_C \geq 360000 \end{cases} \quad (4.24)$$

تابع عضویت هزینه استفاده شده برای تعداد تولید نیروگاه دیزلی:

توابع عضویت در کل به شکل مستطیلی بوده و مقادیر آن بین ۲ تا ۶ است و به تدریج به ۶-۱۰ می رسد که این مقدار در نهایت به صفر خواهد رسید. مقادیر MF بین ۰ و ۱ قرار دارد. در دامنه ۲-۸، مقدار تابع عضویت به افزایش تدریجی رسیده که این امر نشان می دهد تعداد واحدهای سیستم های تولید که در این دامنه استفاده می شود، زیاد بوده و به تدریج به ۸ تا ۱۲ مورد کاهش می یابد.



شکل ۴.۱۰ تابع عضویت هزینه استفاده شده برای تعداد تولید نیروگاه دیزلی

$$\mu(X_C) = \begin{cases} (X_C - 2)/6 & 2 \leq X_C \leq 8 \\ (12 - X_C)/4 & 8 \leq X_C \leq 12 \\ 0 & X_C \geq 12 \end{cases} \quad (4.27)$$

هزینه نیروگاه دیزلی:

$$(C_C) = \{(20,000) (30,000)\} \text{Rs/kw}$$

تعداد نیروگاه های دیزلی:

$$= \{(2) (12)\}$$

تکنیک های غیر فازی:

غیر فازی سازی را می توان فرآیند تبدیل مقادیر فاصله دار به مقادیر و اعداد قطعی نامید. روش های زیادی برای غیر فازی کردن تابع عضویت وجود دارند.

روش مرکز ثقل:

این روش که مرکز جاذبه نیز نامیده می شود مهم ترین روش در میان تمام روش های غیر فازی بوده و معادله جبری آن به صورت زیر می باشد همان مقدار غیر فازی است

$$z^* = \frac{\int \mu(z)zdz}{\int \mu(z)dz} \quad \text{-----} \quad (4.8)$$

تابع هدف روش مرکز ثقل:

$$\text{Centroid method -Min } \sum (48890X_w + 143890X_s + 23890X_c) \quad \text{-----} \quad (4.12)$$

بهینه سازی ظرفیت با استفاده از روش مرکز ثقل:

با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت که برنامه ریزی خطی فازی از نتایج مطلوب تری برخوردار بوده و ماکزیمم برق نیز از موتورهای دیزلی تولید می شود و از این طریق، تابع هزینه ها نیز، مینیمم خواهد شد. از میان دو روش مرکز ثقل و ماکزیمم میانگین، روش دوم عملکرد بهتری دارد بنابراین مینیمم ظرفیت هر واحد سیستم های تولید زمانی بهبود خواهد یافت که از نیروی خورشید و باد استفاده شده و استفاده از نیروی دیزلی باعث کاهش هزینه ها می شود. همانطور که ظرفیت محدود نیز باعث افزایش می یابد، در نتیجه مقادیر بهینه نیز بیشتر شده و این روند متناسب با نحوه استفاده از نیروی خورشیدی یا بادی رخ می دهد و بیشترین افزایش در نیروی دیزلی به دست آمده است.

SI NO.	ظرفیت	مقدار بهینه	Z(LP)	Z(FLP)
1	$X_w \geq 100, X_s \geq 100, X_c \geq 100$	$X_w = 100, X_s = 100, X_c = 800$	39400000	38390000
2	$X_w \geq 200, X_s \geq 100, X_c \geq 100$	$X_w = 200, X_s = 100, X_c = 700$	41900000	40890000
3	$X_w \geq 100, X_s \geq 200, X_c \geq 100$	$X_w = 100, X_s = 200, X_c = 700$	51300000	50390000
4	$X_w \geq 100, X_s \geq 100, X_c \geq 200$	$X_w = 100, X_s = 100, X_c = 800$	39400000	38390000
5	$X_w \geq 200, X_s \geq 200, X_c \geq 200$	$X_w = 200, X_s = 200, X_c = 800$	58800000	57680000
6	$X_w \geq 300, X_s \geq 300, X_c \geq 300$	$X_w = 300, X_s = 300, X_c = 1200$	88200000	86500000

جدول ۴.۳: تعیین ظرفیت بهینه DG همراه با تابع هدف با استفاده از روش مرکز ثقل

محدودیت ها و تابع هدف به دست آمده بعد از غیر فازی سازی با کمک روش مرکز ثقل:

تابع هدف:

$$\text{Min } \sum (349375X_w + 775739X_s + 174402X_c) \quad \text{-----} \quad (4.28)$$

محدودیت ها:

$$8X_w + 6X_s + 7X_c \geq 1000 \quad (4.29)$$

$$8X_w + 6X_s - 4X_c \leq 0 \quad (4.30)$$

$$X_w \geq 100 \quad (4.31)$$

$$X_c \geq 100 \quad (4.32)$$

$$X_s \geq 100 \quad (4.33)$$

ظرفیت بهینه ریزی خطی فازی با استفاده از روش مرکز ثقل:

با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت روش مرکز ثقل یکی از مهم ترین توابع مینیمم سازی بوده و همراه با موتور دیزلی می تواند تابع ضریب هزینه را در میان ۳ واحد سیستم های تولید، کاهش دهد. با توجه به ابهامات موجود در تابع هزینه و تعداد واحدهای سیستم های تولید، اما مزایایی نیز در اختیار سرمایه گذاران قرار خواهد گرفت. بر این اساس، کمترین ظرفیت هر واحد سیستم های تولید، افزایش یافته و این افزایش یا نیروگاه های بادی و خورشیدی در ارتباط است گرچه در نیروگاه دیزلی، برق بیشتری با هزینه پایین تر تولید می شود.

جدول ۴.۸: ظرفیت بهینه برنامه ریزی خطی فازی با استفاده از روش مرکز ثقل

SI NO.	ظرفیت	مقدار بهینه	مینیم سازی هزینه ها
1	$X_w \geq 100, X_s \geq 100, X_c \geq 100$	$X_w = 100, X_s = 100, X_c = 350$	173552000
2	$X_w \geq 200, X_s \geq 100, X_c \geq 100$	$X_w = 200, X_s = 100, X_c = 550$	243370000
3	$X_w \geq 100, X_s \geq 200, X_c \geq 100$	$X_w = 100, X_s = 200, X_c = 500$	277286000
4	$X_w \geq 100, X_s \geq 100, X_c \geq 200$	$X_w = 100, X_s = 100, X_c = 350$	173552000
5	$X_w \geq 200, X_s \geq 200, X_c \geq 200$	$X_w = 200, X_s = 200, X_c = 700$	347104000
6	$X_w \geq 300, X_s \geq 300, X_c \geq 300$	$X_w = 300, X_s = 300, X_c = 1050$	520656000

روش میانگین-ماکزیم:

این روش که به میانه ماکزیم نیز نامیده می شود همانند روش ماکزیم عضویت بوده اما با این تفاوت که محل استقرار عضویت ماکزیم در قاعده عضویت، مشخص شده نیست. معادله جبری آن نیز به صورت زیر می باشد که z^* مقدار غیر فازی بوده و نیز نقاطی هستند که در تابع عضویت از بالاترین مقدار برخوردار اند. تابع عضویت نیز می تواند بصورت هموار و مسطح باشد.

$$z^* = (a+b)/2 \quad \text{-----} \quad (4.9)$$

تابع هدف روش میانگین ماکزیم:

$$\text{Mean- max method - Min } \sum (47500X_w + 142500X_s + 22500X_c) \quad \text{-----} \quad (4.13)$$

بهینه سازی ظرفیت با استفاده از روش میانگین - ماکزیم:

معادله محدودیت ها نیز درست شبیه به مدل برنامه ریزی خطی است. در بخش بعد، تابع هدف و محدودیت های فازی شده برای برنامه ریزی خطی فازی بررسی می شوند. همانند قبل، تابع عضویت برای تابع هدف و محدودیت ها باید توسعه یافته و ابهامات مربوط به تعداد سیستم های تولید ها نیز باید مد نظر قرار گیرد. لذا تابع عضویت مجزا برای برخی از واحدهای سیستم های تولید بیان می شوند. با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت که برنامه ریزی خطی فازی از نتایج مطلوب تری برخوردار بوده و ماکزیم برق نیز از موتورهای دیزلی تولید می شود و از این طریق، تابع هزینه ها نیز، مینیمم خواهد شد. از میان دو روش مرکز ثقل و ماکزیم میانگین، روش دوم عملکرد بهتری دارد بنابراین مینیمم ظرفیت هر واحد سیستم های تولید زمانی بهبود خواهد یافت که از نیروی خورشید و باد استفاده شده و استفاده از نیروی دیزلی باعث کاهش هزینه ها می شود. همانطور که ظرفیت محدود نیز باعث افزایش می یابد، در نتیجه مقادیر بهینه نیز بیشتر شده و این روند متناسب با نحوه استفاده از نیروی خورشیدی یا بادی رخ می دهد و بیشترین افزایش در نیروی دیزلی به دست آمده است.

SI NO	ظرفیت	مقدار بهینه	Z(LP)	Z(FLP)
1	$X_w \geq 100, X_s \geq 100, X_c \geq 100$	$X_w = 100, X_s = 100, X_c = 800$	39400000	37000000
2	$X_w \geq 200, X_s \geq 100, X_c \geq 100$	$X_w = 200, X_s = 100, X_c = 700$	41900000	39500000
3	$X_w \geq 100, X_s \geq 200, X_c \geq 100$	$X_w = 100, X_s = 200, X_c = 700$	51300000	49000000
4	$X_w \geq 100, X_s \geq 100, X_c \geq 200$	$X_w = 100, X_s = 100, X_c = 800$	39400000	37000000
5	$X_w \geq 200, X_s \geq 200, X_c \geq 200$	$X_w = 200, X_s = 200, X_c = 800$	58800000	56000000
6	$X_w \geq 300, X_s \geq 300, X_c \geq 300$	$X_w = 300, X_s = 300, X_c = 1200$	88200000	84000000

جدول ۴.۲: تعیین ظرفیت بهینه DG همراه با تابع هدف با استفاده از روش ماکزیم-میانگین

محدودیت ها و تابع هدف به دست آمده بعد از غیر فازی سازی با کمک روش ماکزیمم - میانگین:

تابع هدف:

$$\text{Min } \sum (349375X_w + 775739X_s + 174402X_c) \quad (4.34)$$

محدودیت ها:

$$9X_w + 6X_s + 8X_c \geq 1000 \quad (4.35)$$

$$9X_w + 6X_s - 4X_c \leq 0 \quad (4.36)$$

$$X_w \geq 100 \quad (4.37)$$

$$X_c \geq 100 \quad (4.38)$$

$$X_s \geq 100 \quad (4.39)$$

ظرفیت بهینه برنامه ریزی خطی فازی با استفاده از روش ماکزیمم میانگین:

جدول ۴.۶- ظرفیت بهینه شده برنامه ریزی خطی فازی همراه با هدف فازی با کمک روش ماکزیمم

SI NO.	ظرفیت	مقدار بهینه	مینم سازی هزینه ها
1	$X_w \geq 100, X_s \geq 100, X_c \geq 100$	$X_w = 100, X_s = 100, X_c = 375$	177912000
2	$X_w \geq 200, X_s \geq 100, X_c \geq 100$	$X_w = 200, X_s = 100, X_c = 600$	252090000
3	$X_w \geq 100, X_s \geq 200, X_c \geq 100$	$X_w = 100, X_s = 200, X_c = 525$	281646000
4	$X_w \geq 100, X_s \geq 100, X_c \geq 200$	$X_w = 100, X_s = 100, X_c = 375$	177912000
5	$X_w \geq 200, X_s \geq 200, X_c \geq 200$	$X_w = 200, X_s = 200, X_c = 750$	355824000
6	$X_w \geq 300, X_s \geq 300, X_c \geq 300$	$X_w = 300, X_s = 300, X_c = 1125$	533736000

روش میانگین وزن دار:

این روش در میان دیگر روش های فازی، به طور گسترده استفاده شده و یکی از مهم ترین روش های محاسباتی به شمار می رود و تنها برای تابع عضویت متقارن استفاده شده و معادله جبری آن نیز اینگونه است که Z مرکز ثقل هر تابع عضویت متقارن بوده و Z^* نیز مقدار غیر فازی است.

$$Z^* = \frac{\sum \mu(z)z}{\sum \mu(z)} \quad (4.10)$$

تابع هدف روش میانگین وزن دار:

$$\text{Weighted average method- Min } \sum (47500X_w + 142000X_s + 22500X_c) \quad (4.14)$$

بهینه سازی ظرفیت با استفاده از روش میانگین وزن دار:

با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت که برنامه ریزی خطی فاز از مقادیر هزینه مطلوب تری نسبت به برنامه ریزی خطی برخوردار بوده و می توان از تکنیک های غیر فاز مختلف جهت بهینه سازی اعداد استفاده نمود از جمله روش میانگین وزن دار و میانگین-ماکزیم البته این کار بستگی به شکل تابع عضویت، دارد همانطور که ظرفیت محدود نیز باعث افزایش می یابد، در نتیجه مقادیر بهینه نیز بیشتر شده و این روند متناسب با نحوه استفاده از نیروی خورشیدی یا بادی رخ می دهد و بیشترین افزایش در نیروی دیزلی به دست آمده است. در موتورهای دیزلی، ظرفیت بهینه بالایی به دست آمده و می توان معادلات مربوطه را جبران نمود. بنابراین، مینیمم ظرفیت برای هر واحد سیستم های تولید با افزایش مقدار بهینه، بیشتر شده و این روند با تولید برق از نیروی باد و خورشید نیز ارتباط دارد گرچه تولید برق از نیروی دیزلی، از هزینه پایین تری برخوردار است.

SI NO	ظرفیت	مقدار بهینه	Z(LP)	Z(FLP)
1	$X_w \geq 100, X_s \geq 100, X_c \geq 100$	$X_w = 100, X_s = 100, X_c = 800$	39400000	37000000
2	$X_w \geq 200, X_s \geq 100, X_c \geq 100$	$X_w = 200, X_s = 100, X_c = 700$	41900000	39500000
3	$X_w \geq 100, X_s \geq 200, X_c \geq 100$	$X_w = 100, X_s = 200, X_c = 700$	51300000	49000000
4	$X_w \geq 100, X_s \geq 100, X_c \geq 200$	$X_w = 100, X_s = 100, X_c = 800$	39400000	37000000
5	$X_w \geq 200, X_s \geq 200, X_c \geq 200$	$X_w = 200, X_s = 200, X_c = 800$	58800000	56000000
6	$X_w \geq 300, X_s \geq 300, X_c \geq 300$	$X_w = 300, X_s = 300, X_c = 1200$	88200000	84000000

جدول ۴.۵: تعیین ظرفیت بهینه DG همراه با تابع هدف با استفاده از روش میانگین وزن دار

روش اولین و آخرین ماکزیم:

این روش که، روش ارتفاع نیز نامیده می شود تابع خروجی پیک را محدود نموده و معادله آن به صورت زیر است که Z^* مقدار غیر فاز است.

$$\mu(Z^*) \geq \mu(z) \quad \text{-----} \quad (4.11)$$

تابع هدف روش اولین و آخرین ماکزیمم:

$$\text{First (or) last of maxima - Min } \sum (45000X_w + 140000X_s + 20000X_c) \quad \text{-----} \quad (4.15)$$

بهینه سازی ظرفیت با استفاده از روش اولین و آخرین ماکزیمم:

با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت که برنامه ریزی خطی فازی از نتایج مطلوب تری برخوردار بوده و ماکزیمم برق نیز از موتورهای دیزلی تولید می شود و از این طریق، تابع هزینه ها نیز، مینیمم خواهد شد. از میان دو روش مرکز ثقل و ماکزیمم میانگین، روش دوم عملکرد بهتری دارد بنابراین مینیمم ظرفیت هر واحد سیستم های تولید زمانی بهبود خواهد یافت که از نیروی خورشید و باد استفاده شده و استفاده از نیروی دیزلی باعث کاهش هزینه ها می شود. همانطور که ظرفیت محدود نیز باعث افزایش می یابد، در نتیجه مقادیر بهینه نیز بیشتر شده و این روند متناسب با نحوه استفاده از نیروی خورشیدی یا بادی رخ می دهد و بیشترین افزایش در نیروی دیزلی به دست آمده است.

SI NO.	ظرفیت	مقدار بهینه	Z(LP)	Z(FLP)
1	$X_w \geq 100, X_s \geq 100, X_c \geq 100$	$X_w = 100, X_s = 100, X_c = 800$	39400000	34500000
2	$X_w \geq 200, X_s \geq 100, X_c \geq 100$	$X_w = 200, X_s = 100, X_c = 700$	41900000	37000000
3	$X_w \geq 100, X_s \geq 200, X_c \geq 100$	$X_w = 100, X_s = 200, X_c = 700$	51300000	46500000
4	$X_w \geq 100, X_s \geq 100, X_c \geq 200$	$X_w = 100, X_s = 100, X_c = 800$	39400000	34500000
5	$X_w \geq 200, X_s \geq 200, X_c \geq 200$	$X_w = 200, X_s = 200, X_c = 800$	58800000	53000000
6	$X_w \geq 300, X_s \geq 300, X_c \geq 300$	$X_w = 300, X_s = 300, X_c = 1200$	88200000	79500000

جدول ۴.۴: تعیین ظرفیت بهینه DG همراه با تابع هدف با استفاده از روش اولین و آخرین ماکزیمم

محدودیت ها و تابع هدف به دست آمده بعد از غیر فازی سازی با کمک روش متقارن:

الگوریتم سیمپلکس را می توان بهترین روش جهت حل معادلات برنامه ریزی خطی و برنامه ریزی خطی فازی در نظر گرفت. تابع عضویتی برای تابع هزینه و تعداد واحدهای سیستم های تولید توسعه یافت. روش های مختلف غیر فازی سازی می توانند مسائل برنامه ریزی خطی فازی را به برنامه ریزی خطی تبدیل سازند. ۳ نوع مختلف تابع هدف و محدودیت ها که با کمک روش سیمپلکس حل می شود، ذکر شده است نتایج مربوط به برنامه ریزی خطی و برنامه ریزی خطی فازی بیان شده و مباحثی نیز در مورد مزیت های این دو، عنوان خواهد شد.

تابع هدف:

$$\text{Min } \sum (349375X_w + 775739X_s + 174402X_c) \quad \text{-----} \quad (4.40)$$

محدودیت ها:

$$9X_w + 6X_s + 8X_c \geq 1000 \quad (4.41)$$

$$3X_w + 2X_s + 2X_c \geq 1000 \quad (4.42)$$

$$12X_w + 10X_s + 12X_c \geq 1000 \quad (4.43)$$

$$9X_w + 6X_s - 4X_c \leq 0 \quad (4.44)$$

$$3X_w + 2X_s - X_c \leq 0 \quad (4.45)$$

$$12X_w + 10X_s - 6X_c \leq 0 \quad (4.46)$$

ظرفیت بهینه برنامه ریزی خطی فاز ۱ با استفاده از روش متقارن:

با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت روش مرکز ثقل یکی از مهم ترین توابع مینیم سازی بوده و همراه با موتور دیزلی می تواند تابع ضریب هزینه را در میان ۳ واحد سیستم های تولید، کاهش دهد. با توجه به ابهامات موجود در تابع هزینه و تعداد واحدهای سیستم های تولید، اما مزایایی نیز در اختیار سرمایه گذاران قرار خواهد گرفت. بر این اساس، کمترین ظرفیت هر واحد سیستم های تولید، افزایش یافته و این افزایش یا نیروگاه های بادی و خورشیدی در ارتباط است گرچه در نیروگاه دیزلی، برق بیشتری با هزینه پایین تر تولید می شود.

جدول ۴.۷: ظرفیت بهینه برنامه ریزی خطی فاز ۱ همراه با هدف فاز ۱ با استفاده از روش متقارن

SI NO.	ظرفیت	مقدار بهینه	مینیم سازی هزینه ها
1	$X_w \geq 100, X_s \geq 100, X_c \geq 100$	$X_w = 100, X_s = 100, X_c = 500$	199712000
2	$X_w \geq 200, X_s \geq 100, X_c \geq 100$	$X_w = 200, X_s = 100, X_c = 800$	286970000
3	$X_w \geq 100, X_s \geq 200, X_c \geq 100$	$X_w = 100, X_s = 200, X_c = 700$	312167000
4	$X_w \geq 100, X_s \geq 100, X_c \geq 200$	$X_w = 100, X_s = 100, X_c = 500$	199712000
5	$X_w \geq 200, X_s \geq 200, X_c \geq 200$	$X_w = 200, X_s = 200, X_c = 1000$	399425000
6	$X_w \geq 300, X_s \geq 300, X_c \geq 300$	$X_w = 300, X_s = 300, X_c = 1500$	599137000

مدل برنامه ریزی خطی فازي استفاده شده تابع هدف و محدودیت های اصلاح شده:

بعد از اجراء تکنیک های مختلف غیر فازي سازی، اکنون می توان از تابع هدف اصلاح شده و تکنیک های مختلف و نیز الگوریتم سیمپلکس، برای حل مسائل استفاده نمود. مقادیر غیر فازي شده برای روش های مختلف در ادامه ذکر شده اند. ۳ نوع مختلف معادله تابع هدف و محدودیت ها بعد از اجراء تکنیک های غیر فازي، مطرح شده است. بعد از غیر فازي سازی تابع عضویت، برنامه ریزی خطی فازي تبدیل به برنامه ریزی خطی شده و می توان با کمک روش سیمپلکس، آن را حل نمود. در ادامه تابع هدف های مختلف ذکر خواهد شد. در تکنیک های مختلف غیر فازي سازی، میتوان تابع هدف های متنوعی را ایجاد نمود. اکنون باید تکنیک های غیر فازي سازی به دقت آنالیز شده تا بتوان تکنیکی را انتخاب کرد که بهترین راه حل را ارائه دهد. تابع هدف برای تکنیک های مختلف عبارتند از: در مورد برنامه ریزی خطی فازي و هدف فازي صحبت کردیم زمان آن رسید که به به ابهامات مربوط به سیستم های تولید و ظرفیت تولید در هر نیروگاه با کمک تابع عضویت مجزا نیز پردازیم. تابع هزینه و تعداد واحدهای سیستم های تولید همراه با پارامترهای فازي به صورت زیر بیان شده اند:

جدول ۴.۱: مقادیر غیر فازي شده مربوط به سیستم های تولید

اولین و آخرین ماکزیمم	میانگین وزن دار	ماکزیمم-میانگین	مرکز ثقل	تکنیک های غیر فازي
۱۴۰۰۰۰	۱۴۲۵۰۰	۱۴۲۵۰۰	۱۴۳۸۹۰	نیروی خورشید
۴۵۰۰۰	۴۷۵۰۰	۴۸۵۰۰	۴۸۸۹۰	نیروی باد
۲۰۰۰۰	۲۲۵۰۰	۲۲۵۰۰	۲۳۸۹۰	نیروی دیزل

تابع هدف:

Min

$$\sum \{[(45000) (55000)] \{(3) (12)\} X_w + [(140000) (150000)] \{(2) (10)\} X_s + [(20000) (30000)] \{(2) (12)\} X_c\}$$

$$\text{Min } \sum \{[(135000) (660000)] X_w + [(280000) (1500000)] X_s + [(20000) (30000)] X_c\} \text{----- (4.16)}$$

محدودیت ها:

$$1. \quad \{(3) (12)\} X_w + \{(2) (10)\} X_c + \{(2) (12)\} X_s \geq 1 \text{ MW} \text{----- (4.17)}$$

$$2. \quad \{(3) (12)\} X_w + \{(2) (10)\} X_s \leq 0.5 \{(2) (12)\} X_c \text{----- (4.18)}$$

$$3. \quad X_w \geq 100 \text{ KW} \text{----- (4.19)}$$

$$4. \quad X_c \geq 100 \text{ KW} \text{----- (4.20)}$$

$$5. \quad X_s \geq 100 \text{ KW} \text{----- (4.21)}$$

نتیجه گیری و مطالعات آتی:

نتیجه گیری:

۳ رویکرد مختلف جهت تعیین ظرفیت سیستم های تولید وجود دارد لذا باید تابع هزینه به حداقل برسد. در واقع، برنامه ریزی خطی جهت تعیین ظرفیت سیستم های تولید استفاده شده و می توان گفت موتور دیزلی جهت تولید برق بیشتر و کاهش تابع هزینه استفاده شده گرچه هزینه های مربوط به باد و خورشید نیز زیاد است اما هزینه های تولید برق با کمک روش دیزلی، کمتر از سایر روش ها خواهد بود. مسئله برنامه ریزی خطی فازی همراه با تابع هدف فازی به دقت بررسی شده و مشخص شد که هزینه تولید برق، یک عامل مبهم است با توجه به این نتایج، تکنیک های مختلف غیر فازی سازی می توانند مقادیر بهینه ای ارائه نموده که این امر بستگی به تابع عضویت دارد دو روش ماکزیم-مینیم و میانگین وزن دار در میان سایر روش ها از بازدهی بالایی برخوردار بوده و روش برنامه ریزی خطی فازی نیز نسبت به برنامه ریزی خطی از اعداد بهینه تری برخوردار است. مسائل برنامه ریزی خطی فازی همراه با محدودیت ها و هدف فازی را می توان با کمک روش ماکزیم-مینیم و متقارن حل نمود. در میان ۳ روش موجود، روش مرکز ثقل از نتایج مطلوب تری برخوردار است. بنابراین موتور دیزلی می تواند برق بیشتری نسبت به سایر روش ها تولید کند. این روش برای رفع ابهامات موجود مناسب است چه در ضرائب هزینه و چه تعداد واحدهای سیستم های تولید لذا می توان از این روش جهت تصمیم گیری در شرایط مبهم و پیچیده استفاده نمود.

چشم انداز برای مطالعات آتی:

مسئله تابع هدف همراه با محدودیت ها و مینیم سازی هزینه ها جهت محدود نمودن تولید برق، مطرح شد. از محدودیت ها و توابع مختلف هدف نیز می توان جهت رفع ابهامات استفاده نمود چه در محدودیت ها و چه تابع هدف. توابع مختلف هدف می توانند جهت مینیم سازی ضرر و ماکزیم سازی سود استفاده شوند. توابع چندگانه هدف همراه با محدودیت ها در نیروگاه های تولید برق، از پارامترهایی برخوردار بوده که از این طریق می توان برنامه ریزی خطی فازی را بهبود بخشید.

منابع و مراجع:

1. Amit kumar, pushpinder singh, jagdeep kaur, "generalized simplex algorithm to solve fuzzy linear programming problems with ranking of generalized fuzzy numbers," tjfs: turkish journal of fuzzy systems (eissn: 1309-1190), vol.1, no.2, pp. 80-103, 2010.
2. Avizit nayak, "cost economics of olar kwh," national productive council, kolkata, 2012.
3. Masoud sanei, "the implex method for olving fuzzy number linear programming problem with bounded variables," journal of basic and applied scientific research, j. Basic. Appl. Sci. Res., 3(3), pp.618-625, 2013.
4. Pavlos s. Georgilakis, nikos d.hatziargyrgio, "optimal distributed generation placement in power distribution network," ieee trans.on power system, vol. 28, nov 23, pp. 3240-3248, aug 2013.
5. Rajendra prasad payasi, asheesh k. Singh, devender singh, "review of distributed generation planning: objectives, constraints, and algorithms," international journal of engineering, science and technology ,vol. 3, no. 3, pp. 133-153, 2011.
6. Rangan banerjee, "comparison of options for distributed generation in india," department of engineering and public policy, carnegie mellon university elsevier, 2012.
7. S. Effati, h. Abbasiyan, "solving fuzzy linear programming problems with piecewise linear membership function," applications and applied mathematics: an international journal (aam) vol. 05, issue 2, pp. 504 – 533, december 2011.
8. S. Nail, d. K. Khatod, m. P. Sharma, "planning and operation of distributed generation in distribution networks," international journal of emerging technology and advance engineering (vol.2, issue 9) pp. 34-41, september 2012.
9. Shujun liu , zaijun wu, xiaobo doul, "optimal configuration of hybrid ,solar, wind distributed generation capacity in a grid connected micro-grid,"ieee 2013.
10. Timothy j ross, "fuzzy logic with engineering application," wiley publication, 2010.
11. Yen-haw chen, yen-hong chen, ming-che hu, "optimal energy management of micro grid systems in taiwan," ieee, pp.1-9, 2011.