

# خود ارزیابی سیستم‌های تولید شبکه‌یی در محیط‌های فازی شهودی (مطالعه موردی: شرکت سیم و کابل مغان)

زهرا عاهری (دانشجوی کارشناسی ارشد)

رضا شیخ\* (دانشیار)

مجتبی غیبی (استادیار)

دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی شاهرود

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، زمستان ۱۳۹۸ (۱۳۹۸-۱)  
دوری ۱، شماره ۲/۲، ص ۹۳-۱۰۴

تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر سنجش کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ی مشابه است. نتایج این تحلیل به دلیل شرایط متفاوت و غیرقابل کنترل برای هر واحد تصمیم‌گیرنده، چندان واقع‌بینانه نیست. بنابراین، خود ارزیابی (مقایسه‌ی عملکرد یک واحد با خودش در بازه‌های زمانی متفاوت) بهترین نوع ارزیابی است که در آن بیشینه ثبات شرایط در نظر گرفته شده است. از آن‌جاکه ماهیت بعضی از متغیرهای ورودی یا خروجی در شرایط عدم‌اطمینان صورت می‌پذیرد، می‌توان معیارهای کلامی را بر اساس اطلاعات فازی شهودی مورد ارزیابی قرار داد. مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌یی فازی شهودی مدل پیشنهادی است که در این تحقیق برای خود ارزیابی شرکت سیم و کابل مغان که یک سیستم شبکه‌یی است، به کار رفته است. نتایج نشان می‌دهد که در رتبه‌بندی بازه‌های زمانی، سه دوره ۴ (زمستان ۱۳۹۴)، ۳ (پاییز ۱۳۹۴) و ۸ (زمستان ۱۳۹۵) به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفته‌اند.

z.ameri@shahroodut.ac.ir  
resheikh@shahroodut.ac.ir  
mog@shahroodut.ac.ir

واژگان کلیدی: خود ارزیابی، تحلیل پوششی داده‌ها، سیستم‌های تولید سری - موازی (شبکه‌یی)، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌یی فازی شهودی.

## ۱. مقدمه

هر سازمانی برای اعمال مدیریت صحیح باید از الگوهای علمی ارزیابی عملکرد بهره‌گیرد تا بتواند میزان تلاش و نتایج کارکرد خود را بسنجد. هر چند روش‌های زیادی برای ارزیابی عملکرد سازمان وجود دارد، اما هیچ‌یک از آنها درجه‌ی بهبود یک واحد را طی دوره‌های عملیاتی متوالی با توجه به منابع تولیدی دریافت شده در قالب کارایی و رتبه‌بندی نشان نمی‌دهد. مثلاً، یکی از مهم‌ترین ابزارها برای ارزیابی عملکرد سازمان، روش تحلیل پوششی داده‌ها<sup>[۱]</sup> است؛ که در عمل وضعیت سازمان را در یک مقطع زمانی خاص نشان می‌دهد. با تغییر بازه‌ی زمانی، اندازه‌ی عددی شاخص کارایی تغییر خواهد کرد. در صورتی‌که هدف تعیین کارایی سازمان در بازه‌های زمانی متفاوت باشد، به ناچار مدلی باید طراحی شود تا کارایی سازمان را در بازه‌ی زمان نشان دهد. به کارگیری روش تحلیل پوششی داده‌ها برای مقایسه‌ی یک واحد با خودش در بازه‌های زمانی متفاوت قابلیت خود ارزیابی به دست می‌دهد.<sup>[۱]</sup>

در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌یی قطعی<sup>۲</sup> مستلزم ورودی‌ها و خروجی‌های قطعی است که ممکن است در کار بردهای واقعی همیشه در دسترس نباشند؛ زیرا که در مسایل واقعی ورودی‌ها و خروجی‌ها اغلب مبهم هستند. در واقع امروزه بسیاری از داده‌ها به صورت قطعی نیستند و در فضای ابهام و تردید باید توسط ارزیابان سنجیده شوند؛ ارزیابی کلامی یا فازی یکی از ابزارهای مهم برای سنجش عددی است. بدین منظور، کائو و لئو<sup>[۲]</sup> (۲۰۱۱) و کائو و لین<sup>[۳]</sup> (۲۰۱۲) مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌یی در محیط‌های فازی را معرفی کردند. این مدل‌ها مبحث شبکه و داده‌های فازی را به طور هم‌زمان در نظر می‌گیرند؛ مشخصه‌ی اصلی نظریه‌ی مجموعه‌ی فازی<sup>[۱۱]</sup> این است که در مجموعه‌ها/اعداد فازی، درجه‌ی عدم‌عضویت یک عنصر برابر با یک منهای درجه‌ی عضویت آن است؛ بنابراین مجموع درجات

نویسنده مسئول  
تاریخ: دریافت ۱۳۹۷/۸/۲۷، اصلاحیه ۱۳۹۷/۱۱/۱۳، پذیرش ۱۳۹۸/۱/۲۱.  
DOI:10.24200/J65.2019.50441.1849

عضویت و عدم عضویت یک عنصر برابر با یک است. گاهی اوقات ممکن است در سنجش یک معیار فازی برای تیم تصمیم‌گیرنده نیز ابهام وجود داشته باشد. بنابراین، اطلاعات برای تصمیم‌گیری مهم یا ناکافی خواهد بود و این امکان وجود دارد که مجموع درجات عضویت و عدم عضویت یک عنصر کمتر از یک باشد. این بدین معناست که درجاتی از تردید<sup>۳</sup> باقی می‌ماند. برای بررسی این نوع مسائل نظریه‌ی مجموعه‌ی فازی شهودی<sup>۴</sup> مناسب است. مجموعه‌ی فازی شهودی<sup>[۱۲]</sup> گسترشی از مجموعه‌ی فازی است که برای بررسی ابهام بسیار مفید است. مجموعه‌ی فازی شهودی هر دو درجه‌ی عضویت (پذیرش) و عدم عضویت (رد شدن) یک عنصر را در نظر می‌گیرد؛ به طوری که مجموع هر دو مقدار کمتر یا برابر با یک است. حاجی‌آقا و همکاران (۲۰۱۳)<sup>[۱۳]</sup> یک مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی شهودی با خروجی‌های فازی شهودی برای ارزیابی عملکرد مؤسسات مالی و اعتباری ارائه دادند. پوری و یاداو (۲۰۱۵)<sup>[۱۴]</sup> مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی شهودی با ورودی‌های فازی شهودی را در بخش بانکداری در هند توسعه دادند. از معایب مطالعات انجام شده در تحلیل پوششی داده‌های فازی شهودی این است که این مدل‌ها در اندازه‌گیری کارایی، ساختار درونی واحدها را نادیده می‌گیرند. بنابراین، مدلی نیاز است تا ساختارهای شبکه‌یی و داده‌های فازی شهودی را به طور همزمان در نظر بگیرد که اتخاذ این رویکرد اطلاعات کامل‌تر و جامع‌تری را در اختیار تصمیم‌گیرندگان و مدیران قرار خواهد داد.

از جنبه‌های دیگر نوآوری در این مطالعه به کارگیری روش خود ارزیابی<sup>۵</sup> در اندازه‌گیری کارایی است. خود ارزیابی یک بازنگری جامع، روش‌مند و منظم از فعالیت‌ها و دستاوردهای یک سازمان در طول زمان است. انجام خود ارزیابی یک واحد تصمیم‌گیرنده<sup>۶</sup> به دلیل ثبات بیشتر شرایط به مراتب کاراتر از ارزیابی آن با دیگر واحدهای تصمیم‌گیرنده است؛ زیرا اگر تحلیل نسبت به دیگران، قابلیت رتبه‌بندی به دست دهد، خود ارزیابی موجب تحلیل موقعیت‌های موجود و قبلی می‌شود و شرایط رشد و ارتقا را فراهم می‌آورد. با بهره‌گیری از این روش می‌توان بهترین و بدترین بازه‌ی زمانی را برای واحد تولیدی مورد نظر تشخیص داد و علل آن را تجزیه و تحلیل کرد.

در بخش دوم با مروری بر مبانی نظری رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌یی و تحلیل پوششی داده‌های فازی شهودی، پیشینه‌ی پژوهش‌های انجام شده در این زمینه‌ها مطالعه می‌شود. در بخش سوم، بعضی از مفاهیم اساسی نظریه‌ی فازی شهودی و انواع سیستم‌های تولید لایم برای مدل‌سازی رویکرد پیشنهادی معرفی می‌شود و سپس، در بخش چهارم فرم مدل پیشنهادی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌یی فازی شهودی (IFNDEA)<sup>۷</sup> ارائه خواهد شد. در این مدل، ورودی‌ها و خروجی‌ها به صورت متغیرهای فازی شهودی مثلثی فرض شده‌اند. در ادامه، با روش میانگین (امید ریاضی) مدل پیشنهادی به مدل برنامه‌ریزی قطعی معادل آن تبدیل خواهد شد. در راستای تشریح اعتبار و اثربخشی رویکرد شبکه‌یی فازی شهودی پیشنهادی، یک مطالعه‌ی موردی کاربردی در بخش پنجم ارائه می‌شود و نتایج در بخش ششم، مورد تحلیل و تفسیر مدیریتی قرار می‌گیرد.

## ۲. مروری بر پیشینه‌ی پژوهش

اندازه‌گیری عملکرد سازمان، یکی از وظایف مهم مدیریتی برای دستیابی به اهداف کنترل و برنامه‌ریزی است. روشی که به طور گسترده برای اندازه‌گیری کارایی نسبی مجموعه‌یی از واحدهای تصمیم‌گیرنده به کار گرفته می‌شود، روش تحلیل پوششی

داده‌ها است. روش تحلیل پوششی داده‌های پایه توسط چارلز و همکاران (۱۹۷۸)<sup>[۱۵]</sup> پیشنهاد شد. یکی از ضعف‌های مدل ارائه شده توسط آنها در نظر نگرفتن ساختارهای درونی سیستم در اندازه‌گیری عملکرد بود؛ در واقع، مدل آنها توانایی اندازه‌گیری کارایی در سیستم‌های شبکه‌یی را به صورت دقیق نداشت. بدین منظور فار و گراسکوف (۲۰۰۰)<sup>[۱۶]</sup> مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌یی را معرفی کردند. کوک و همکاران (۲۰۱۰)<sup>[۱۷]</sup> روش‌های حل مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌یی را به چهار دسته طبقه‌بندی کردند که عبارت‌اند از: ۱- رویکرد تحلیل پوششی داده‌های استاندارد؛ ۲- رویکرد نظریه‌ی بازی؛ ۳- رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌یی؛ و ۴- رویکرد تجزیه‌ی کارایی.

اولین رویکرد ارزیابی عملکرد، مدل تحلیل پوششی داده‌های معمولی را برای ارزیابی کارایی هر زیرواحد در یک ساختار شبکه‌یی به کار می‌گیرد؛ یعنی برای هر زیرواحد به طور جداگانه به حل تحلیل پوششی داده‌های معمولی اقدام می‌کند تا کارایی هر زیرواحد را به طور متمایز به دست آورد. پژوهشگرانی مانند سکستن و لیواس (۲۰۰۳)<sup>[۱۸]</sup> و چلین‌گرین و شرمن (۲۰۱۱)<sup>[۱۹]</sup> رویکرد تحلیل پوششی داده‌های استاندارد را برای اندازه‌گیری کارایی سیستم‌های شبکه‌یی به کار بردند.

دومین رویکرد، مفهوم نظریه‌ی بازی است. این رویکرد به کار لیانگ و همکاران (۲۰۰۶)<sup>[۲۰]</sup> اشاره دارد. آنها تحلیل پوششی داده‌ها را برای اندازه‌گیری عملکرد زنجیره‌های تأمین با دو عضو (برای مثال، در یک شکل تولیدکننده - خرده‌فروش) استفاده کردند. آنها مفهوم بازی استکلبرگ<sup>۸</sup> (رهبر - پیرو) و بازی مشارکتی را برای توسعه‌ی مدل‌ها برای اندازه‌گیری عملکرد در تنظیمات زنجیره‌ی عرضه به کار بردند.

سومین رویکرد، کارایی کل و کارایی زیرواحد را در یک چارچوب یکپارچه محاسبه می‌کند. در این رویکرد کارایی کل واحد تصمیم‌گیرنده هدف اصلی در نظر گرفته می‌شود و کارایی زیرواحدها اجزای آن است. رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌یی فقط اطلاعاتی در مورد کارایی کلی مراحل ارائه می‌دهد و اطلاعاتی در مورد زیرواحدها به دست نمی‌آورد. با فرض متغیر نسبت به مقیاس، چن و ژو (۲۰۰۴)<sup>[۲۱]</sup> و چن و همکاران (۲۰۰۶)<sup>[۲۲]</sup> مدل‌های خطی و غیرخطی را برای اندازه‌گیری اثر فناوری اطلاعات (IT) بر روی عملکرد شرکت با یک فرایند شبکه‌یی دو مرحله‌یی ارائه دادند. در این مدل، امتیازهای کارایی زیرواحدها اطلاعاتی درباره‌ی عملکرد کلی شرکت ارائه نمی‌دهند. تون و تسائسی (۲۰۰۹)<sup>[۲۳]</sup> رویکرد شبکه‌یی مبتنی بر اسلک<sup>۹</sup> را برای اندازه‌گیری کارایی زیرواحدها به کار بردند و کارایی سیستم را میانگین حسابی موزون کارایی زیرواحدها در یک مدل ورودی محور و میانگین هارمونیک موزون در یک مدل خروجی محور تعریف کردند. فوکوئیاما و وبر (۲۰۱۰)<sup>[۲۴]</sup> یک معیار مبتنی بر اسلک را برای یک سیستم شبکه‌یی دومرحله‌یی با خروجی‌های نامطلوب در نظر گرفتند.

آخرین رویکرد یعنی رویکرد تجزیه، یگانه رویکردی است که رابطه‌ی بین کارایی سیستم و زیرواحدها را در نظر می‌گیرد. کائو و هوانگ (۲۰۰۸)<sup>[۲۵]</sup> یک مدل تحلیل پوششی داده‌های سری را معرفی و کارایی کل سیستم را به صورت حاصل ضرب کارایی زیرواحدها تشریح کرد. کائو (۲۰۰۲)<sup>[۲۶]</sup> یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌یی موازی را ارائه داد که قادر است کارایی سیستم و زیرواحدهای هر واحد تصمیم‌گیرنده را در یک برنامه‌ریزی خطی محاسبه کند. در این مدل کارایی کل سیستم به صورت میانگین موزون کارایی زیرواحدها تعریف می‌شود. کائو (۲۰۱۴)<sup>[۲۷]</sup> یک رتبه‌بندی کامل از مطالعات را در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌یی، بر اساس انواع ساختار شبکه و مدل به کار گرفته شده، فراهم آورد. ایده‌ی اساسی تجزیه‌ی کارایی در کائو (۲۰۱۴)<sup>[۲۸]</sup> این است که سیستم چندمرحله‌یی کلی را به یک ساختار سری تبدیل می‌کند، به طوری که هر ساختار سری، یک ساختار موازی دارد. بر اساس تجزیه‌ی

کارایی در ساختار سری یا موازی، کارایی یک سیستم چندمرحله‌ای کلی می‌تواند به عنوان تابعی از کارایی فرایندها بیان شود. از آن‌جا که در این مطالعه از رویکرد تجزیه استفاده شده است، در بخش بعد رویکرد تجزیه برای انواع سیستم‌های شبکه‌ای به تفصیل بیان خواهد شد.

امروزه شرکت‌های تولیدی در فضای عدم قطعیت و ابهام مشغول به فعالیت هستند؛ در نتیجه اطلاعات لازم برای اندازه‌گیری کارایی در دسترس نخواهد بود. زاده<sup>[۲۴]</sup> معتقد است هنگامی که پیچیدگی سیستم افزایش یابد، توانایی برای پیش‌بینی رفتار کاهش می‌یابد. در مقابله با عدم قطعیت در محیط، ایده‌های متنوعی در احتمال و آمار، منطق فازی و نظریه‌ی سیستم‌های خاکستری ارائه شده است. در مسائل تحلیل پوششی داده‌ها، خروجی‌هایی مانند رضایت مشتری، مسئولیت اجتماعی، نشان تجاری و غیره ماهیت ذهنی دارند و اندازه‌گیری دقیق آنها پیچیده است. در شرایطی که عدم قطعیت یک ویژگی اجتناب‌ناپذیر محیط است، فرض قطعیت داده‌ها دور از واقعیت است. در چنین شرایطی، تصمیم‌های مدیریت بر اساس محاسبات دقیق اتخاذ نشده است و ابهام زیادی در مسائل تصمیم‌گیری وجود دارد.

۱. نرمال باشد، یعنی وجود دارد هر  $x_0 \in R$  به طوری که  $\mu_{\tilde{A}^I}(x_0) = 1$  (بنابراین  $v_{\tilde{A}^I}(x_0) = 0$ )

۲. برای تابع عضویت  $\mu_{\tilde{A}^I}(x_0)$  محدب باشد، یعنی

$$\mu_{\tilde{A}^I}(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min(\mu_{\tilde{A}^I}(x_1), \mu_{\tilde{A}^I}(x_2)), \forall x_1, x_2 \in R, \lambda \in [0, 1] \quad (۱)$$

۳. برای تابع عدم عضویت  $v_{\tilde{A}^I}(x)$  مقعر باشد، یعنی

$$v_{\tilde{A}^I}(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \leq \max(v_{\tilde{A}^I}(x_1), v_{\tilde{A}^I}(x_2)), \forall x_1, x_2 \in R, \lambda \in [0, 1] \quad (۲)$$

مجموعه‌ی فازی شهودی  $\tilde{A}^I$  می‌تواند به وسیله‌ی  $(a_1, a_2, a_3, a_4; b_1, b_2, b_3, b_4)$  با تابع  $\mu_{\tilde{A}^I}$  تابع عدم عضویت  $v_{\tilde{A}^I}$  داده شود:

$$\mu_{\tilde{A}^I}(x) = \begin{cases} f_A(x), & a_1 \leq x < a_2, \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3, \\ g_A(x), & a_3 < x \leq a_4, \\ 0, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (۳)$$

$$v_{\tilde{A}^I}(x) = \begin{cases} h_A(x), & b_1 \leq x < b_2, \\ 0, & b_2 \leq x \leq b_3, \\ k_A(x), & b_3 < x \leq b_4, \\ 1, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (۴)$$

توابع  $f_A$  و  $g_A$  و توابع  $h_A$  و  $k_A$  توابع مستمر تکه‌به‌تکه‌ی غیرکاهشی به ترتیب در  $[a_1, a_2]$  و  $[b_2, b_4]$  و توابع  $h_A$  و  $g_A$  توابع مستمر تکه‌به‌تکه‌ی غیرافزایشی به ترتیب در  $(a_2, a_3]$  و  $(b_1, b_2)$  هستند.

عدد فازی شهودی مثلثی. عدد فازی شهودی مثلث  $\tilde{A}^I$  یک عدد فازی شهودی با تابع عضویت  $\mu_{\tilde{A}^I}$  و تابع عدم عضویت  $v_{\tilde{A}^I}$  است:<sup>[۲۹]</sup>

$$\mu_{\tilde{A}^I}(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 < x \leq a_2, \\ 1, & x = a_2, \\ \frac{x-a_3}{a_2-a_3}, & a_2 \leq x < a_3, \\ 0, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (۵)$$

$$v_{\tilde{A}^I}(x) = \begin{cases} \frac{x-a_2}{a_1-a_2}, & a_1 < x \leq a_2, \\ 0, & x = a_2, \\ \frac{x-a_2}{a_3-a_2}, & a_2 \leq x < a_3, \\ 1, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (۶)$$

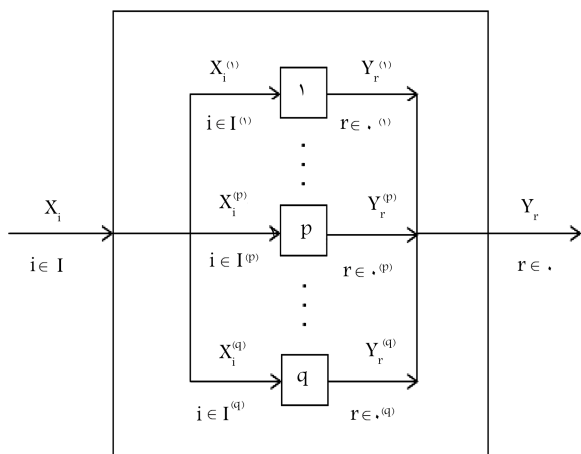
یک عدد فاز شهودی مثلثی مانند  $(a_1, a_2, a_3; a_1, a_2, a_3)$  مشخص شده و در شکل ۱ نشان داده شده است.

در نتیجه اطلاعات لازم برای اندازه‌گیری کارایی در دسترس نخواهد بود. زاده<sup>[۲۴]</sup> معتقد است هنگامی که پیچیدگی سیستم افزایش یابد، توانایی برای پیش‌بینی رفتار کاهش می‌یابد. در مقابله با عدم قطعیت در محیط، ایده‌های متنوعی در احتمال و آمار، منطق فازی و نظریه‌ی سیستم‌های خاکستری ارائه شده است. در مسائل تحلیل پوششی داده‌ها، خروجی‌هایی مانند رضایت مشتری، مسئولیت اجتماعی، نشان تجاری و غیره ماهیت ذهنی دارند و اندازه‌گیری دقیق آنها پیچیده است. در شرایطی که عدم قطعیت یک ویژگی اجتناب‌ناپذیر محیط است، فرض قطعیت داده‌ها دور از واقعیت است. در چنین شرایطی، تصمیم‌های مدیریت بر اساس محاسبات دقیق اتخاذ نشده است و ابهام زیادی در مسائل تصمیم‌گیری وجود دارد. دانشور (۲۰۱۱)<sup>[۲۵]</sup> اولین بار یک رویکرد DEA یکپارچه و TOPSIS فازی شهودی را ارائه داد تا کارایی بخش‌های مختلف دانشگاه را تحلیل کند، به طوری که ارزیابی ذهنی کارشناسان توسط مجموعه‌های فازی شهودی ارائه شد. حاجی آقا و همکاران (۲۰۱۳)<sup>[۱۳]</sup> یک رویکرد تحلیل پوششی داده‌های فازی شهودی در مؤسسه‌های مالی و اعتباری معرفی کردند، به طوری که اطلاعات ذهنی دو متغیر خروجی رضایت مشتری و مسئولیت اجتماعی به وسیله‌ی اعداد فازی شهودی ارائه شدند. پوری و یاداو (۲۰۱۵)<sup>[۱۴]</sup> مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی شهودی را در بخش بانکداری در هند توسعه دادند به طوری که اطلاعات ذهنی در ورودی نیروی کار و هزینه‌های عملیاتی به وسیله اعداد فازی شهودی مثلثی ارائه شد. گوویندا و همکاران (۲۰۱۵)<sup>[۱۶]</sup> نظریه‌ی مجموعه‌ی فازی شهودی را برای بررسی عدم‌دقت زبانی و ابهام در داوری به کار بردند. آنها روش دیمتل را با به کار بردن مجموعه‌های فازی شهودی و متغیرهای زبانی توسعه دادند. روش پیشنهادی آنها در شرکت تولید خودرو اجرا شد. ساین (۲۰۱۸)<sup>[۲۷]</sup> رویکرد تحلیل پوششی داده‌های فازی شهودی را برای ارزیابی کارایی با داده‌های ورودی/خروجی فازی شهودی ارائه داد. این رویکرد برای متخصصان و تصمیم‌گیرندگان زمانی که درباره‌ی تعیین درجه‌ی عضویت/عدم‌عضویت در داده‌های فازی تردید دارند، مفید است. نتایج کار او با مطالعه‌ی موردی سیستم تولید انعطاف‌پذیر تأیید شد.

در همه‌ی مدل‌های ارائه شده در بالا نویسندگان روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای را برای ارزیابی یک واحد تصمیم‌گیرنده با دیگر واحدهای تصمیم‌گیرنده به کار می‌گیرند. اما مدل پیشنهادی IFNDEA در این مقاله، به دلیل ثبات بیشتر شرایط، یک واحد تصمیم‌گیرنده را در بازه‌های زمانی متفاوت مورد بررسی و تحلیل قرار می‌دهد.

### ۳. روش‌شناسی پژوهش

مجموعه‌ی فازی شهودی. فرض کنید  $X$  یک مجموعه‌ی ثابت باشد. سپس مجموعه‌ی فازی شهودی  $\tilde{A}^I$  در  $X$  مانند  $\{\mu_{\tilde{A}^I}(x), v_{\tilde{A}^I}(x) : x \in X\}$  و  $\mu_{\tilde{A}^I} : x \in X \rightarrow [0, 1]$  به طوری که  $0 \leq \mu_{\tilde{A}^I}(x) + v_{\tilde{A}^I}(x) \leq 1, \forall x \in X$  با شرط  $v_{\tilde{A}^I} : x \in X \rightarrow [0, 1]$  به ترتیب درجه عضویت و درجه‌ی عدم عضویت را نشان می‌دهند. همچنین،



شکل ۲. ساختار موازی با q فرایند.

ارزش منتظره یک عدد فازی شهودی با

$$EV(\tilde{A}^I) = (E_*(\tilde{A}^I) + E^*(\tilde{A}^I)) / 2 \quad (13)$$

تعریف شده است. فرض کنید  $\tilde{A}^I = (a_1, a_2, a_3; a_{11}, a_2, a_{31})$  یک عدد فازی شهودی مثلثی باشد. سپس با استفاده از رابطه ی ۱۱،  $EI(\tilde{A}^I)$

$$EI(\tilde{A}^I) = [E_*(\tilde{A}^I), E^*(\tilde{A}^I)] = \left[ \frac{a_{11} + 2a_2 + a_1}{4}, \frac{a_3 + 2a_2 + a_{31}}{4} \right] \quad (14)$$

تعریف شده است و با استفاده از رابطه ی ۱۳،  $EV(\tilde{A}^I)$  با

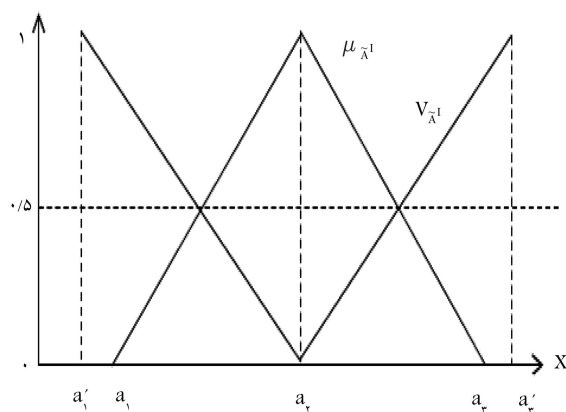
$$EV(\tilde{A}^I) = (a_{11} + a_1 + 4a_2 + a_3 + a_{31}) / 8 \quad (15)$$

داده شده است. [۳۱]

سیستم‌های تولید موازی. ساختار موازی معادل با سیستم‌هایی است که از تعدادی فرایند که به‌طور مستقل عمل می‌کنند، ساخته شده است. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، هر فرایند p در یک ساختار موازی با q فرایند، ورودی‌های  $i \in I^{(p)}$  را برای تولید خروجی‌های  $r \in O^{(p)}$  استفاده می‌کنند. مجموع ورودی‌ها  $X_i^{(p)}$  و خروجی‌ها  $Y_r^{(p)}$  برای همه ی q فرایند برای واحد تصمیم‌گیرنده j، به ترتیب ورودی  $X_{ij} = \sum_{p=1}^q X_{ij}^{(p)}$  و خروجی  $Y_{rj} = \sum_{p=1}^q Y_{rj}^{(p)}$  است. کاتو [۷] مدل رابطه‌ی ۱۶ را برای اندازه‌گیری کارایی سیستم موازی و زیرواحدهای آن ارائه کرد:

$$\begin{aligned} \max E_k^{parallel} &= \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} \\ \text{s.t.} & \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} = 1, \\ & \sum_{r \in O^{(p)}} u_{rk} Y_{rj}^{(p)} - \sum_{i \in I^{(p)}} v_{ik} X_{ij}^{(p)} \leq 0, p = 1, \dots, q, j = \\ & 1, \dots, n, \\ & u_{rk}, v_{ik} \geq \varepsilon, r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (16)$$

اگر  $(u_{rk}^*, v_{ik}^*)$  یک جواب بهینه از مدل ۱۶ باشد، کارایی سیستم و زیرواحدهای



شکل ۱. توابع عضویت و عدم‌عضویت عدد فازی شهودی مثلثی  $a_{11} \leq a_1 \leq a_2 \leq a_3$   $a_{21} \leq a_2 \leq a_3$

یک عدد فازی شهودی مثلثی  $\tilde{A}^I = (a_1, a_2, a_3; a_{11}, a_2, a_{31})$  یک عدد فازی مثلثی  $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$  است اگر  $a_1 = a_{11}, a_2 = a_2, a_3 = a_{31}$  است اگر  $a_{11} = a_1 = a_2 = a_3 = a_{31} = a$  است  $v_{\tilde{A}^I}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}^I}(x)$ ،  $\tau_{\tilde{A}^I}(x) = 0$ ،  $\forall x \in R$

عملیات حسابی بر روی اعداد فازی شهودی مثلثی. فرض کنید  $\tilde{A}^I = (a_1, a_2, a_3; a_{11}, a_2, a_{31})$  و  $\tilde{B}^I = (b_1, b_2, b_3; b_{11}, b_2, b_{31})$  دو عدد فازی شهودی مثلثی باشند. سپس عملیات حسابی بر روی اعداد فازی شهودی مثلثی در معادلات ۷ تا ۱۰ داده شده است: [۳۰]

(الف) جمع:

$$\tilde{A}^I \oplus \tilde{B}^I = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3; a_{11} + b_{11}, a_2 + b_2, a_{31} + b_{31}) \quad (7)$$

(ب) تفریق:

$$\tilde{A}^I \ominus \tilde{B}^I = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1; a_{11} - b_{31}, a_2 - b_2, a_{31} - b_{11}) \quad (8)$$

(ج) ضرب: برای  $\tilde{A}^I, \tilde{B}^I > 0$

$$\tilde{A}^I \otimes \tilde{B}^I = (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3; a_{11} b_{11}, a_2 b_2, a_{31} b_{31}) \quad (9)$$

(د) ضرب اسکالر (عدد): برای  $k \in R$

$$k \tilde{A}^I = \begin{cases} (ka_1, ka_2, ka_3; ka_{11}, ka_2, ka_{31}) & k > 0 \\ (ka_3, ka_2, ka_1; ka_{31}, ka_2, ka_{11}) & k < 0 \end{cases} \quad (10)$$

ارزش منتظره<sup>۱۰</sup> اعداد فازی شهودی. فاصله ی منتظره ی یک عدد فازی شهودی  $\tilde{A}^I = (a_1, a_2, a_3, a_4; b_1, b_2, b_3, b_4)$  یک فاصله ی قطعی  $EI(\tilde{A}^I)$  است که با

$$EI(\tilde{A}^I) = [E_*(\tilde{A}^I), E^*(\tilde{A}^I)] \quad (11)$$

داده شده است. به طوری که

$$\begin{cases} E_*(\tilde{A}^I) = \frac{b_1 + a_2}{4} + \frac{1}{4} \int_{b_1}^{b_2} h_A(x) dx - \frac{1}{4} \int_{a_1}^{a_2} f_A(x) dx \\ E^*(\tilde{A}^I) = \frac{a_3 + b_4}{4} + \frac{1}{4} \int_{a_3}^{a_4} g_A(x) dx - \frac{1}{4} \int_{b_3}^{b_4} k_A(x) dx \end{cases} \quad (12)$$

آن این چنین محاسبه خواهد شد:

$$\sum_{f \in M^{(p)}} w_{fk} Z_{fj}^{(p)} - \sum_{f \in M^{(p-1)}} w_{fk} Z_{fj}^{(p-1)} \leq 0,$$

$$p = 2, \dots, q-1, j = 1, \dots, n,$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - \sum_{f \in M^{(q-1)}} w_{fk} Z_{fj}^{(q-1)} \leq 0, j = 1, \dots, n,$$

$$u_r, v_i, w_f \geq \varepsilon, r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m, f = 1, \dots, g \quad (20)$$

بنابراین، کارایی های سیستم سری و زیرواحدهای آن می‌تواند با روابط ۲۱ تا ۲۴ محاسبه شوند:

$$E_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik}^* X_{ik}} = \sum_{r=1}^s u_r^* Y_{rk} \quad (21)$$

$$E_k^{(1)} = \frac{\sum_{f \in M^{(1)}} w_{fk}^* Z_{fk}^{(1)}}{\sum_{i=1}^m v_{ik}^* X_{ik}} \quad (22)$$

$$E_k^{(p)} = \frac{\sum_{f \in M^{(p)}} w_{fk}^* Z_{fk}^{(p)}}{\sum_{f \in M^{(p-1)}} w_{fk}^* Z_{fk}^{(p-1)}}, p = 2, \dots, q-1 \quad (23)$$

$$E_k^{(q)} = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk}^* Y_{rk}}{\sum_{f \in M^{(q-1)}} w_{fk}^* Z_{fk}^{(q-1)}} \quad (24)$$

$$\prod_{p=1}^q E_k^{(P)} = \left[ \frac{\sum_{f \in M^{(1)}} w_{fk}^* Z_{fk}^{(1)}}{\sum_{i=1}^m v_{ik}^* X_{ik}} \right]$$

$$\left[ \frac{\prod_{p=2}^{q-1} \sum_{f \in M^{(p)}} w_{fk}^* Z_{fk}^{(p)}}{\prod_{p=2}^{q-1} \sum_{f \in M^{(p-1)}} w_{fk}^* Z_{fk}^{(p-1)}} \right] \left[ \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk}^* Y_{rk}}{\sum_{f \in M^{(q-1)}} w_{fk}^* Z_{fk}^{(q-1)}} \right] = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk}^* Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik}^* X_{ik}} \quad (25)$$

که برابر کارایی سیستم است. بنابراین، کارایی سیستم برای سیستم‌هایی با ساختار سری حاصل ضرب کارایی  $q$  فرایند  $E_k^{(P)}$  است.

تحلیل پوششی داده‌های فازی شهودی. برای ارزیابی عملکرد با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها در محیط‌های فازی شهودی، فرض کنید عملکرد  $n$  واحد تصمیم‌گیرنده متجانس ( $DMU_j; j = 1, \dots, n$ ) اندازه‌گیری شود.  $DMU_j$  ورودی فازی شهودی  $\tilde{x}_{ij}^I, i = 1, \dots, m$  برای تولید  $s$  خروجی فازی شهودی  $\tilde{y}_{rj}^I = (x_{ij}^1, x_{ij}^2, x_{ij}^3; y_{rj}^1, y_{rj}^2, y_{rj}^3)$  استفاده می‌کند.  $\tilde{y}_{rj}^I = (y_{rj}^1, y_{rj}^2, y_{rj}^3; y_{rj}^4, y_{rj}^5, y_{rj}^6)$  و  $y_{rj}^1 > 0, y_{rj}^2 > 0, \forall i, j$  با شرط  $\tilde{y}_{rj}^I$  متشکل هستند. برای محاسبه کارایی فازی شهودی سیستم پوری و یاداو [۱۴] مدل ۲۶ را ارائه دادند:

$$\begin{aligned} \max \tilde{E}_k^I &= \sum_{r=1}^s \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rk}^I \\ \text{s.t.} : \sum_{i=1}^m \tilde{v}_{ik}^I \otimes \tilde{x}_{ik}^I &= \tilde{1}^I, \\ \sum_{r=1}^s \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rj}^I \ominus \sum_{i=1}^m \tilde{v}_{ik}^I \otimes \tilde{x}_{ij}^I &\leq \tilde{\delta}^I, j = 1, \dots, n, \\ \tilde{u}_{rk}^I &\geq \varepsilon, r = 1, \dots, s, \\ \tilde{v}_{ik}^I &\geq \varepsilon, i = 1, \dots, m, \varepsilon > 0 \end{aligned} \quad (26)$$

$$E_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk}^* Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik}^* X_{ik}} = \sum_{r=1}^s u_{rk}^* Y_{rk} \quad (17)$$

$$E_k^{(p)} = \frac{\sum_{r \in O^{(p)}} u_{rk}^* Y_{rk}^{(p)}}{\sum_{i \in I^{(p)}} v_{ik}^* X_{ik}^{(p)}}, p = 1, \dots, q \quad (18)$$

اگر وزن مربوط با فرایند  $p$  را به عنوان مجموع ورودی مصرف شده به وسیله این فرایند به ورودی مصرف شده به وسیله همه  $q$  فرایند تعریف کنیم،  $w^{(p)} = \frac{\sum_{i \in I^{(p)}} v_{ik}^* X_{ik}^{(p)}}{\sum_{i=1}^m v_{ik}^* X_{ik}}$  سپس میانگین کارایی  $q$  فرایند که به وسیله  $w^{(p)}$  موزون شده است، عبارت است از:

$$\begin{aligned} \sum_{p=1}^q w^{(p)} E_k^{(P)} &= \\ \sum_{p=1}^q \left[ \left( \frac{\sum_{i \in I^{(p)}} v_{ik}^* X_{ik}^{(p)}}{\sum_{i=1}^m v_{ik}^* X_{ik}} \right) \left( \frac{\sum_{r \in O^{(p)}} u_{rk}^* Y_{rk}^{(p)}}{\sum_{i \in I^{(p)}} v_{ik}^* X_{ik}^{(p)}} \right) \right] &= \\ \sum_{p=1}^q \left( \frac{\sum_{r \in O^{(p)}} u_{rk}^* Y_{rk}^{(p)}}{\sum_{i=1}^m v_{ik}^* X_{ik}} \right) &= \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk}^* Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik}^* X_{ik}} \end{aligned} \quad (19)$$

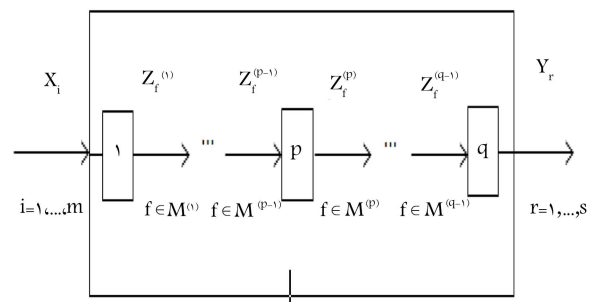
که کارایی سیستم است.

سیستم‌های تولید سری. شکل ۳ یک ساختار سری با  $q$  فرایند را نشان می‌دهد، به طوری که اولین فرایند ورودی‌های  $X_i, i = 1, \dots, m$  را که از بیرون عرضه شده است، استفاده می‌کند تا تولیدات میانی  $Z_f^{(1)}, f \in M^{(1)}$  را برای استفاده فرایند ۲ تولید کند. در فرایندهای بعدی، هر فرایند  $p$  تولیدات میانی  $Z_f^{(p-1)}, f \in M^{(p-1)}$  را استفاده که به وسیله فرایند قبلی  $p-1$  تولید شده‌اند، تا تولیدات میانی  $Z_f^{(p)}, f \in M^{(p)}$  را برای استفاده فرایندهای بعدی  $p+1$  تولید کند. آخرین فرایند  $q$  تولیدات میانی  $Z_f^{(q-1)}, f \in M^{(q-1)}$  را برای تولید خروجی‌های نهایی  $Y_r, r = 1, \dots, s$  استفاده می‌کند. کائو و هوانگ [۲] مدل رابطه‌ی ۲۰ را برای اندازه‌گیری کارایی سیستم سری و زیرواحدهای آن ارائه دادند:

$$\max E_k^{series} = \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}$$

$$\text{s.t.} : \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} = 1,$$

$$\sum_{f \in M^{(1)}} w_{fk} Z_{fj}^{(1)} - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} \leq 0, j = 1, \dots, n,$$



شکل ۳. ساختار سری با  $q$  فرایند.

از ویژگی‌های روش تحلیل پوششی داده‌ها این است که اندازه‌گیری کارایی به تغییرات داده حساس است. با این حال، در دنیای واقعی، مواردی وجود دارد که اندازه‌گیری دقیق مشاهدات دشوار است، مشاهدات گم شده‌اند و باید برآورد شوند یا داده‌ها باید پیش‌بینی شوند. این به ویژه برای سیستم‌های تولید شبکه‌ی بسیار حائز اهمیت است؛ زیرا داده‌ها از تولیدات میانی تشکیل شده‌اند. مواردی وجود دارد که داده‌ها کیفی‌اند و مقادیر مورد استفاده برای نمایش چنین داده‌هایی مبهم هستند. اگر برای حل این نوع مسائل، مقادیر قطعی فرض شوند که در واقع نشان‌دهنده‌ی داده‌های مبهم هستند تصمیم‌گیرنده ممکن است به نتایج غیردقیق اعتماد کند، و در نتیجه تصمیمات نامناسبی اتخاذ شود.<sup>[۷]</sup>

بر اساس مباحث بیان شده، برای خود ارزیابی سیستم سری - موازی (شبکه‌ی) شرکت سیم و کابل مغان با داده‌های فازی شهودی در ۱۰ برش زمانی می‌توان از مدل ۲۷ استفاده کرد:

$$\begin{aligned} \max \tilde{E}_k^I &= \sum_{r=1}^f \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rk}^I \\ \text{s.t.} : \sum_{i=1}^r \tilde{v}_{ik}^I \otimes \tilde{x}_{ik}^I + \sum_{r=5}^f \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rk}^I &= \tilde{1}^I, \\ \tilde{u}_{jk}^I \otimes \tilde{Y}_{lj}^I + \tilde{w}_{jk}^I \otimes \tilde{Z}_{lj}^I + \tilde{v}_{jk}^I \otimes \tilde{X}_{lj}^I &\leq \tilde{\sigma}^I, j = 1, \dots, n, \\ \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{Y}_{rj}^I + \tilde{w}_{rk}^I \otimes \tilde{Z}_{rj}^I + \tilde{v}_{rk}^I \otimes \tilde{X}_{rj}^I &\leq \tilde{\sigma}^I, \\ j &= 1, \dots, n, \\ \sum_{r=2}^f \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rj}^I + \left( \tilde{v}_{rk}^I \otimes \tilde{X}_{rj}^I + \tilde{w}_{rk}^I \otimes \tilde{Z}_{rj}^I + \sum_{r=5}^f \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rk}^I \right) &\leq \tilde{\sigma}^I, j = 1, \dots, n, \\ \tilde{u}_{jk}^I, \tilde{u}_{rk}^I, \tilde{u}_{rk}^I, \tilde{u}_{rk}^I, \tilde{u}_{rk}^I, \tilde{u}_{rk}^I, \tilde{u}_{rk}^I, \tilde{u}_{rk}^I, \tilde{u}_{rk}^I, \tilde{u}_{rk}^I &\geq \varepsilon, \end{aligned} \quad (27)$$

در این سیستم دو مورد از خروجی‌های بخش ۳ (خروجی ۵ و ۶)، نامطلوب (فقدان کاهش آنها را داریم) هستند، با چنین خروجی‌هایی مشابه ورودی رفتار می‌شود. بر اساس مدل ۲۷ کارایی سیستم و زیوراحدها با روابط ۲۸ تا ۳۱ محاسبه می‌شوند:

$$\tilde{E}_k^I = \frac{\sum_{r=1}^f \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rk}^I}{\sum_{i=1}^r \tilde{v}_{ik}^I \otimes \tilde{x}_{ik}^I + \sum_{r=5}^f \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rk}^I} = \sum_{r=1}^f \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rk}^I \quad (28)$$

$$\tilde{E}_k^{I(1)} = \frac{\tilde{u}_{1k}^I \otimes \tilde{Y}_{1k}^I + \tilde{w}_{1k}^I \otimes \tilde{Z}_{1k}^I}{\tilde{v}_{1k}^I \otimes \tilde{X}_{1k}^I} \quad (29)$$

$$\tilde{E}_k^{I(2)} = \frac{\tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{Y}_{rk}^I + \tilde{w}_{rk}^I \otimes \tilde{Z}_{rk}^I}{\tilde{v}_{rk}^I \otimes \tilde{X}_{rk}^I + \tilde{w}_{rk}^I \otimes \tilde{Z}_{rk}^I} \quad (30)$$

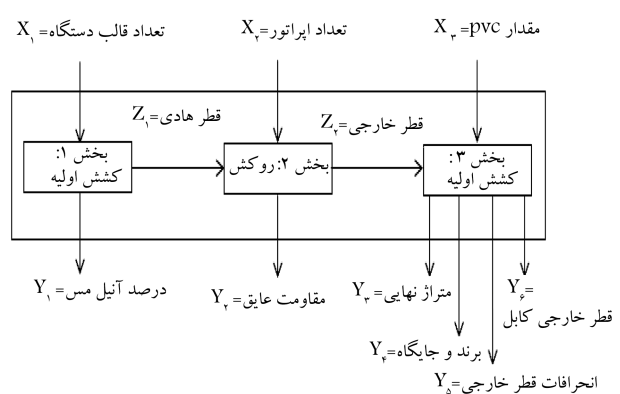
$$\tilde{E}_k^{I(r)} = \frac{\sum_{r=2}^f \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rk}^I}{\tilde{v}_{rk}^I \otimes \tilde{X}_{rk}^I + \tilde{w}_{rk}^I \otimes \tilde{Z}_{rk}^I + \sum_{r=5}^f \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rk}^I} \quad (31)$$

سیستم تبدیل شده از شکل ۴ سه بخش دارد که به شکل سری (شکل ۵)، به یکدیگر متصل شده‌اند. کارایی هر بخش از تقسیم مجموع خروجی‌ها به مجموع ورودی‌ها به دست می‌آید. برای اطمینان از این که کارایی بخش کم‌تر از یا برابر با یک است، مجموع خروجی‌های هر بخش نباید بزرگ‌تر از مجموع ورودی‌ها باشد.

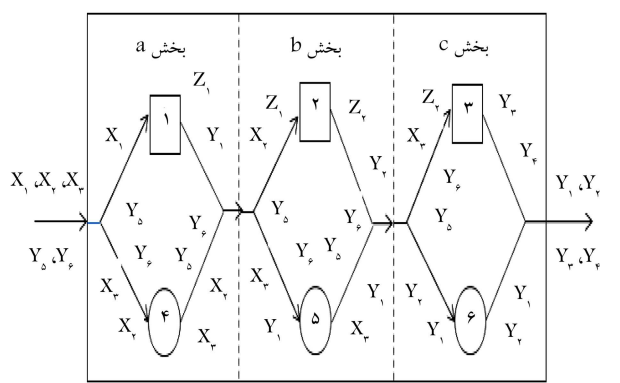
در مدل ۲۶  $k = 1, \dots, n$  نشان‌دهنده‌ی واحد تحت ارزیابی،  $\tilde{y}_{rk}^I$  مقدار  $r$ امین خروجی فازی شهودی تولید شده توسط  $k$ امین واحد تصمیم‌گیرنده‌ی  $\tilde{x}_{ik}^I$  مقدار  $i$ امین ورودی فازی شهودی مصرف شده توسط  $k$ امین واحد تصمیم‌گیرنده،  $\tilde{v}_{ik}^I = (\tilde{u}_{rk}^I, \tilde{u}_{rk}^I, \tilde{u}_{rk}^I; \tilde{u}_{rk}^I, \tilde{u}_{rk}^I, \tilde{u}_{rk}^I)$  و  $(\tilde{v}_{1k}^I, \tilde{v}_{1k}^I, \tilde{v}_{1k}^I; \tilde{v}_{1k}^I, \tilde{v}_{1k}^I, \tilde{v}_{1k}^I)$  به ترتیب وزن‌های فازی شهودی برای  $i$ امین ورودی فازی شهودی و  $r$ امین خروجی فازی شهودی از  $k$ امین واحد تصمیم‌گیرنده و ارائه شده با اعداد فازی شهودی مثلثی و  $\varepsilon$  بی نهایت کوچک غیرارشمیدسی است. در مقاله‌ی حاضر  $\tilde{\sigma}^I = (0, 0, 0; 0, 0, 0)$  و  $\tilde{1}^I = (1, 1, 1; 1, 1, 1)$  خواهد بود.

#### ۴. مدل خود ارزیابی پیشنهادی سری - موازی (شبکه‌ی) فازی شهودی

برای تبدیل سیستم شبکه‌ی کلی به یک ساختار سری - موازی، کاتو<sup>[۸]</sup> استفاده از زیوراحدهای مجازی را برای حمل کردن ورودی‌ها و خروجی‌های میانی پیشنهاد کرد. زیوراحدهای مجازی، ورودی‌ها و خروجی‌های یکسان دارند و فقط برای کمک به نمایش ارائه می‌شوند. برای سیستم چندمرحله‌ی شبکه‌ی، فقط یک مسیر سری از  $q$  فرایند، وجود دارد. در هر مرحله، یک زیوراحد مجازی - که به شکل موازی با یک زیوراحد واقعی متصل شده است - اضافه می‌شود تا ورودی‌ها برای استفاده در مرحله‌ی بعد و خروجی‌های تولید شده در مرحله‌ی قبل را حمل کند. بر این اساس شکل ۴ به شکل ۵ تبدیل می‌شود به طوری که مربع‌ها و دایره‌ها به ترتیب زیوراحدهای واقعی و مجازی هستند.



شکل ۴. فرایند تولید محصول در شرکت سیم و کابل مغان.



شکل ۵. سیستم سری - موازی تبدیل شده از سیستم شبکه‌ی کلی شرکت سیم و کابل.

$$\tilde{E}_k^{I(a)} = \frac{\sum_{i=1}^r \tilde{v}_{ik}^{I*} \otimes \tilde{x}_{ik}^I \oplus \tilde{w}_{ik}^{I*} \otimes \tilde{Z}_{ik}^I \oplus \tilde{u}_{ik}^{I*} \otimes \tilde{Y}_{ik}^I \oplus \sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^{I*} \otimes \tilde{y}_{rk}^I}{\sum_{i=1}^r \tilde{v}_{ik}^{I*} \otimes \tilde{x}_{ik}^I \oplus \sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^{I*} \otimes \tilde{y}_{rk}^I} \quad (32)$$

$$\tilde{E}_k^{I(b)} = \frac{\tilde{v}_r^{I*} \otimes \tilde{X}_{rk}^I \oplus \tilde{w}_r^{I*} \otimes \tilde{Z}_{rk}^I \oplus \tilde{u}_r^{I*} \otimes \tilde{Y}_{rk}^I \oplus \sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^{I*} \otimes \tilde{y}_{rk}^I}{\sum_{i=1}^r \tilde{v}_{ik}^{I*} \otimes \tilde{x}_{ik}^I \oplus \tilde{w}_{ik}^{I*} \otimes \tilde{Z}_{ik}^I \oplus \tilde{u}_{ik}^{I*} \otimes \tilde{Y}_{ik}^I \oplus \sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^{I*} \otimes \tilde{y}_{rk}^I} \quad (33)$$

$$\tilde{E}_k^{I(c)} = \frac{\sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^{I*} \otimes \tilde{y}_{rk}^I}{\tilde{v}_r^{I*} \otimes \tilde{X}_{rk}^I \oplus \tilde{w}_r^{I*} \otimes \tilde{Z}_{rk}^I \oplus \tilde{u}_r^{I*} \otimes \tilde{Y}_{rk}^I \oplus \sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^{I*} \otimes \tilde{y}_{rk}^I} \quad (34)$$

کارایی های فازی شهودی سه بخش است.

$$\tilde{E}_k^I = \tilde{E}_k^{I(a)} \otimes \tilde{E}_k^{I(b)} \otimes \tilde{E}_k^{I(c)} = \left[ \tilde{w}^{I(1)} \tilde{E}_k^{I(1)} \oplus \left( \tilde{\gamma}^I \ominus \tilde{w}^{I(1)} \right) \right] \left[ \tilde{w}^{I(r)} \tilde{E}_k^{I(r)} \oplus \left( \tilde{\gamma}^I \ominus \tilde{w}^{I(r)} \right) \right] \quad (44)$$

این نتایج می تواند به موارد کلی تر  $q$  مرحله ای با ورودی ها و خروجی ها و تولیدات میانی فازی شهودی بیشتر توسعه داده شود تا قضیه ی زیر را داشته باشیم. قضیه. کارایی سیستم های شبکه ای با  $n$  بخش و  $q$  فرایند در محیط های فازی شهودی، حاصل ضرب کارایی فازی شهودی تعدیل شده ی  $n$  بخش است، به طوری که کارایی فازی شهودی تعدیل شده ی بخش، میانگین موزون کارایی فازی شهودی فرایندهای واقعی و مجازی است.

$$\tilde{E}_k^I = \prod_{p=1}^q \left[ \tilde{w}^{I(p)} \tilde{E}_k^{I(p)} \oplus \left( \gamma \ominus \tilde{w}^{I(p)} \right) \right] \quad (45)$$

روشی برای حل مدل خود ارزیابی شبکه ای فازی شهودی. یکی از روش ها برای ابهام زدایی مدل های فازی شهودی و به دست آوردن جواب های قطعی استفاده از روش ارزش منتظره است که در بخش ۲.۵. شرح داده شده است. در ابتدا با استفاده از مقادیر ورودی ها و خروجی های فازی شهودی و وزن های فازی شهودی معادل آنها، مدل ۲۷ می تواند به شکل مدل ۴۶ تبدیل شود:

$$\max \tilde{E}_k^I = \sum_{r=1}^r (u_{r1}^{rk}, u_{r2}^{rk}, u_{r3}^{rk}; v_{r1}^{rk}, v_{r2}^{rk}, v_{r3}^{rk})$$

$$\otimes (y_{r1}^{rk}, y_{r2}^{rk}, y_{r3}^{rk}; y_{r1}^{rk}, y_{r2}^{rk}, y_{r3}^{rk})$$

$$s.t : \sum_{i=1}^r (v_{i1}^{ik}, v_{i2}^{ik}, v_{i3}^{ik}; v_{i1}^{ik}, v_{i2}^{ik}, v_{i3}^{ik})$$

$$\otimes (x_{i1}^{ik}, x_{i2}^{ik}, x_{i3}^{ik}; x_{i1}^{ik}, x_{i2}^{ik}, x_{i3}^{ik})$$

$$\oplus \sum_{r=0}^{\delta} (u_{r1}^{rk}, u_{r2}^{rk}, u_{r3}^{rk}; u_{r1}^{rk}, u_{r2}^{rk}, u_{r3}^{rk})$$

$$\otimes (y_{r1}^{rk}, y_{r2}^{rk}, y_{r3}^{rk}; y_{r1}^{rk}, y_{r2}^{rk}, y_{r3}^{rk}) = (1, 1, 1; 1, 1, 1),$$

$$\left( \sum_{i=1}^r \tilde{v}_{ik}^I \otimes \tilde{x}_{ij}^I \oplus \tilde{w}_{ik}^I \otimes \tilde{Z}_{ij}^I \oplus \tilde{u}_{ik}^I \otimes \tilde{Y}_{ij}^I \oplus \sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rj}^I \right) \ominus \left( \sum_{i=1}^r \tilde{v}_{ik}^I \otimes \tilde{x}_{ij}^I \oplus \sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rj}^I \right) \leq 0 \quad (35)$$

$$\left( \tilde{v}_r^I \otimes \tilde{X}_{rj}^I \oplus \tilde{w}_r^I \otimes \tilde{Z}_{rj}^I \oplus \tilde{u}_r^I \otimes \tilde{Y}_{rj}^I \oplus \sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rj}^I \right) \ominus \left( \sum_{i=1}^r \tilde{v}_{ik}^I \otimes \tilde{x}_{ij}^I \oplus \tilde{w}_{ik}^I \otimes \tilde{Z}_{ij}^I \oplus \tilde{u}_{ik}^I \otimes \tilde{Y}_{ij}^I \oplus \sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rj}^I \right) \leq 0 \quad (36)$$

$$\left( \sum_{r=1}^r \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rk}^I \right) \ominus \left( \tilde{v}_r^I \otimes \tilde{X}_{rj}^I \oplus \tilde{w}_r^I \otimes \tilde{Z}_{rj}^I \oplus \tilde{u}_r^I \otimes \tilde{Y}_{rj}^I \oplus \sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^I \otimes \tilde{y}_{rj}^I \right) \leq 0 \quad (37)$$

با حذف کردن عبارات یکسان، این سه محدودیت دقیقاً معادل با محدودیت های مرتبط با زیرواحدها در مدل ۲۷ هستند. هر یک از سه بخش یک ساختار موازی دارد که از یک زیرواحد واقعی و یک زیرواحد مجازی تشکیل شده است. چون ورودی ها و خروجی های زیرواحد مجازی یکسان است، محدودیت مربوطه زائد و امتیاز کارایی یک است. کارایی هر بخش (سیستم موازی) میانگین موزون کارایی زیرواحدهای واقعی و مجازی است:

$$\tilde{E}_k^{I(a)} = \tilde{w}^{I(1)} \tilde{E}_k^{I(1)} \oplus \tilde{w}^{I(r)} \tilde{E}_k^{I(r)} = \tilde{w}^{I(1)} \tilde{E}_k^{I(1)} \oplus \left( \tilde{\gamma}^I \ominus \tilde{w}^{I(1)} \right) \quad (38)$$

$$\tilde{E}_k^{I(b)} = \tilde{w}^{I(r)} \tilde{E}_k^{I(r)} \oplus \tilde{w}^{I(\delta)} \tilde{E}_k^{I(\delta)} = \tilde{w}^{I(r)} \tilde{E}_k^{I(r)} \oplus \left( \tilde{\gamma}^I \ominus \tilde{w}^{I(r)} \right) \quad (39)$$

$$\tilde{E}_k^{I(c)} = \tilde{w}^{I(r)} \tilde{E}_k^{I(r)} \oplus \tilde{w}^{I(\delta)} \tilde{E}_k^{I(\delta)} = \tilde{w}^{I(r)} \tilde{E}_k^{I(r)} \oplus \left( \tilde{\gamma}^I \ominus \tilde{w}^{I(r)} \right) \quad (40)$$

به طوری که بر اساس شکل ۵ کارایی سیستم چندمرحله ای شبکه ای حاصل ضرب

$$\tilde{w}^{I(1)} = \frac{\tilde{v}_{ik}^{I*} \otimes \tilde{x}_{ik}^I}{\sum_{i=1}^r \tilde{v}_{ik}^{I*} \otimes \tilde{x}_{ik}^I \oplus \sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^{I*} \otimes \tilde{y}_{rk}^I} \quad (41)$$

$$\tilde{w}^{I(r)} = \frac{\left( \tilde{v}_{rk}^{I*} \otimes \tilde{x}_{rk}^I \oplus \tilde{w}_{rk}^{I*} \otimes \tilde{Z}_{rk}^I \right)}{\left( \sum_{i=1}^r \tilde{v}_{ik}^{I*} \otimes \tilde{x}_{ik}^I \oplus \tilde{w}_{ik}^{I*} \otimes \tilde{Z}_{ik}^I \oplus \sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^{I*} \otimes \tilde{y}_{rk}^I \right)} \quad (42)$$

$$\tilde{w}^{I(\delta)} = \frac{\left( \tilde{v}_{rk}^{I*} \otimes \tilde{x}_{rk}^I \oplus \tilde{w}_{rk}^{I*} \otimes \tilde{Z}_{rk}^I \oplus \sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^{I*} \otimes \tilde{y}_{rk}^I \right)}{\left( \tilde{v}_r^{I*} \otimes \tilde{X}_{rk}^I \oplus \tilde{w}_r^{I*} \otimes \tilde{Z}_{rk}^I \oplus \tilde{u}_r^{I*} \otimes \tilde{Y}_{rk}^I \oplus \sum_{r=0}^{\delta} \tilde{u}_{rk}^{I*} \otimes \tilde{y}_{rk}^I \right)} \quad (43)$$

$$\begin{aligned}
 & - \left( v_{\lambda}^{\lambda k} x_{\lambda}^{\lambda j}, v_{\tau}^{\lambda k} x_{\tau}^{\lambda j}, v_{\tau}^{\lambda k} x_{\tau}^{\lambda j}; v_{\lambda}^{\lambda k} x_{\lambda}^{\lambda j}, v_{\tau}^{\lambda k} x_{\tau}^{\lambda j}, v_{\tau}^{\lambda k} x_{\tau}^{\lambda j} \right) \\
 & \leq EV((\circ, \circ, \circ; \circ, \circ, \circ)), j = \lambda, \dots, n, \\
 & EV \left( \left( u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau j}, u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau j}, u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau j}; u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau j}, u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau j}, u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau j} \right) + \right. \\
 & \left( w_{\lambda}^{\tau k} Z_{\lambda}^{\tau j}, w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j}, w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j}; w_{\lambda}^{\tau k} Z_{\lambda}^{\tau j}, w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j}, w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j} \right) - \\
 & \left( v_{\lambda}^{\tau k} x_{\lambda}^{\tau j}, v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau j}, v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau j}; v_{\lambda}^{\tau k} x_{\lambda}^{\tau j}, v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau j}, v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau j} \right) + \\
 & \left. \left( w_{\lambda}^{\lambda k} Z_{\lambda}^{\lambda j}, w_{\tau}^{\lambda k} Z_{\tau}^{\lambda j}, w_{\tau}^{\lambda k} Z_{\tau}^{\lambda j}; w_{\lambda}^{\lambda k} Z_{\lambda}^{\lambda j}, w_{\tau}^{\lambda k} Z_{\tau}^{\lambda j}, w_{\tau}^{\lambda k} Z_{\tau}^{\lambda j} \right) \right) \\
 & \leq EV((\circ, \circ, \circ; \circ, \circ, \circ)), j = \lambda, \dots, n, \\
 & EV \left( \left( \sum_{r=1}^{\tau} u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau k}, \sum_{r=1}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k}, \sum_{r=1}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k}; \right. \right. \\
 & \left. \left. \sum_{r=1}^{\tau} u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau k}, \sum_{r=1}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k}, \sum_{r=1}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k} \right) - \right. \\
 & \left. \left( v_{\lambda}^{\tau k} x_{\lambda}^{\tau j}, v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau j}, v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau j}; v_{\lambda}^{\tau k} x_{\lambda}^{\tau j}, v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau j}, v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau j} \right) + \right. \\
 & \left. \left( w_{\lambda}^{\tau k} Z_{\lambda}^{\tau j}, w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j}, w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j}; w_{\lambda}^{\tau k} Z_{\lambda}^{\tau j}, w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j}, w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j} \right) + \right. \\
 & \left. \left( \sum_{r=0}^{\tau} u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau k}, \sum_{r=0}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k}, \sum_{r=0}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k}; \sum_{r=0}^{\tau} u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau k}, \right. \right. \\
 & \left. \left. \sum_{r=0}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k}, \sum_{r=0}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k} \right) \right) \\
 & \leq EV((\circ, \circ, \circ; \circ, \circ, \circ)), j = \lambda, \dots, n, \\
 & u_{\tau}^{\tau k} \geq u_{\tau}^{\tau k} \geq u_{\tau}^{\tau k} \geq u_{\lambda}^{\tau k} \geq u_{\lambda}^{\tau k} \geq \varepsilon, r = \lambda, \dots, \tau, \\
 & v_{\tau}^{\tau k} \geq v_{\tau}^{\tau k} \geq v_{\tau}^{\tau k} \geq v_{\lambda}^{\tau k} \geq v_{\lambda}^{\tau k} \geq \varepsilon, i = \lambda, \tau, \tau, w_{\tau}^{\tau k} \geq w_{\tau}^{\tau k} \geq \\
 & w_{\tau}^{\tau k} \geq w_{\lambda}^{\tau k} \geq w_{\lambda}^{\tau k} \geq \varepsilon, f = \lambda, \tau, \varepsilon > 0 \tag{47}
 \end{aligned}$$

با استفاده از ارزش منتظره اعداد فازی شهودی مثلی داده شده در بخش ۲.۵، مدل برنامه‌ریزی خطی شبکه‌ی فازی شهودی ۴۷ به مدل برنامه‌ریزی خطی شبکه‌ی قطعی ۴۸ تبدیل می‌شود:

$$\begin{aligned}
 \max E \tilde{I} & = \lambda / \lambda \\
 & \left( \sum_{r=1}^{\tau} (u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau k} + u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau k} + \tau u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k} + u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k} + u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k}) \right) \\
 \text{s.t.} : & \sum_{i=1}^{\tau} \\
 & (v_{\lambda}^{\tau k} x_{\lambda}^{\tau k} + v_{\lambda}^{\tau k} x_{\lambda}^{\tau k} + \tau v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau k} + v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau k} + v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau k}) \\
 & + \sum_{r=0}^{\tau} (u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau k} + u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau k} + \tau u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k} + u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k} + u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k}) = \lambda, \\
 & (u_{\lambda}^{\lambda k} y_{\lambda}^{\lambda j} + u_{\lambda}^{\lambda k} y_{\lambda}^{\lambda j} + \tau u_{\tau}^{\lambda k} y_{\tau}^{\lambda j} + u_{\tau}^{\lambda k} y_{\tau}^{\lambda j} + u_{\tau}^{\lambda k} y_{\tau}^{\lambda j}) + \\
 & (w_{\lambda}^{\lambda k} z_{\lambda}^{\lambda j} + w_{\lambda}^{\lambda k} z_{\lambda}^{\lambda j} + \tau w_{\tau}^{\lambda k} z_{\tau}^{\lambda j} + w_{\tau}^{\lambda k} z_{\tau}^{\lambda j} + w_{\tau}^{\lambda k} z_{\tau}^{\lambda j}) - \\
 & \left( v_{\lambda}^{\lambda k} x_{\lambda}^{\lambda j} + v_{\lambda}^{\lambda k} x_{\lambda}^{\lambda j} + \tau v_{\tau}^{\lambda k} x_{\tau}^{\lambda j} + v_{\tau}^{\lambda k} x_{\tau}^{\lambda j} + v_{\tau}^{\lambda k} x_{\tau}^{\lambda j} \right) \\
 & \leq 0, j = \lambda, \dots, n, \\
 & (u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau j} + u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau j} + \tau u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau j} + u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau j} + u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau j}) + \\
 & (w_{\lambda}^{\tau k} Z_{\lambda}^{\tau j} + w_{\lambda}^{\tau k} Z_{\lambda}^{\tau j} + \tau w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j} + w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j} + w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j}) -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & (u_{\lambda}^{\lambda k}, u_{\tau}^{\lambda k}, u_{\tau}^{\lambda k}; u_{\lambda}^{\lambda k}, u_{\tau}^{\lambda k}, u_{\tau}^{\lambda k}) \otimes (y_{\lambda}^{\lambda j}, y_{\tau}^{\lambda j}, y_{\tau}^{\lambda j}; y_{\lambda}^{\lambda j}, y_{\tau}^{\lambda j}, y_{\tau}^{\lambda j}) \\
 & \oplus (w_{\lambda}^{\lambda k}, w_{\tau}^{\lambda k}, w_{\tau}^{\lambda k}; w_{\lambda}^{\lambda k}, w_{\tau}^{\lambda k}, w_{\tau}^{\lambda k}) \otimes \\
 & (z_{\lambda}^{\lambda j}, z_{\tau}^{\lambda j}, z_{\tau}^{\lambda j}; z_{\lambda}^{\lambda j}, z_{\tau}^{\lambda j}, z_{\tau}^{\lambda j}) \ominus (v_{\lambda}^{\lambda k}, v_{\tau}^{\lambda k}, v_{\tau}^{\lambda k}; v_{\lambda}^{\lambda k}, v_{\tau}^{\lambda k}, v_{\tau}^{\lambda k}) \\
 & \otimes (x_{\lambda}^{\lambda j}, x_{\tau}^{\lambda j}, x_{\tau}^{\lambda j}; x_{\lambda}^{\lambda j}, x_{\tau}^{\lambda j}, x_{\tau}^{\lambda j}) \leq (\circ, \circ, \circ; \circ, \circ, \circ), j = \lambda, \dots, n, \\
 & (u_{\lambda}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}; u_{\lambda}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}) \otimes (y_{\lambda}^{\tau j}, y_{\tau}^{\tau j}, y_{\tau}^{\tau j}; y_{\lambda}^{\tau j}, y_{\tau}^{\tau j}, y_{\tau}^{\tau j}) \\
 & \oplus (w_{\lambda}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}; w_{\lambda}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}) \\
 & \otimes (z_{\lambda}^{\tau j}, z_{\tau}^{\tau j}, z_{\tau}^{\tau j}; z_{\lambda}^{\tau j}, z_{\tau}^{\tau j}, z_{\tau}^{\tau j}) \ominus ((v_{\lambda}^{\tau k}, v_{\tau}^{\tau k}, v_{\tau}^{\tau k}; v_{\lambda}^{\tau k}, v_{\tau}^{\tau k}, v_{\tau}^{\tau k}) \\
 & \otimes (x_{\lambda}^{\tau j}, x_{\tau}^{\tau j}, x_{\tau}^{\tau j}; x_{\lambda}^{\tau j}, x_{\tau}^{\tau j}, x_{\tau}^{\tau j})) \\
 & \oplus (w_{\lambda}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}; w_{\lambda}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}) \otimes (z_{\lambda}^{\tau j}, z_{\tau}^{\tau j}, z_{\tau}^{\tau j}; z_{\lambda}^{\tau j}, z_{\tau}^{\tau j}, z_{\tau}^{\tau j}) \\
 & \leq (\circ, \circ, \circ; \circ, \circ, \circ), j = \lambda, \dots, n, \\
 & \sum_{r=1}^{\tau} (u_{\lambda}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}; u_{\lambda}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}) \otimes (y_{\lambda}^{\tau k}, y_{\tau}^{\tau k}, y_{\tau}^{\tau k}; y_{\lambda}^{\tau k}, y_{\tau}^{\tau k}, y_{\tau}^{\tau k}) \\
 & \ominus ((v_{\lambda}^{\tau k}, v_{\tau}^{\tau k}, v_{\tau}^{\tau k}; v_{\lambda}^{\tau k}, v_{\tau}^{\tau k}, v_{\tau}^{\tau k}) \otimes \\
 & (x_{\lambda}^{\tau j}, x_{\tau}^{\tau j}, x_{\tau}^{\tau j}; x_{\lambda}^{\tau j}, x_{\tau}^{\tau j}, x_{\tau}^{\tau j})) \oplus (w_{\lambda}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}; w_{\lambda}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}) \otimes \\
 & (z_{\lambda}^{\tau j}, z_{\tau}^{\tau j}, z_{\tau}^{\tau j}; z_{\lambda}^{\tau j}, z_{\tau}^{\tau j}, z_{\tau}^{\tau j}) \\
 & \oplus \sum_{r=0}^{\tau} (u_{\lambda}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}; u_{\lambda}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}) \otimes (y_{\lambda}^{\tau k}, y_{\tau}^{\tau k}, y_{\tau}^{\tau k}; y_{\lambda}^{\tau k}, y_{\tau}^{\tau k}, y_{\tau}^{\tau k}) \\
 & \leq (\circ, \circ, \circ; \circ, \circ, \circ), j = \lambda, \dots, n, \\
 & (u_{\lambda}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}; u_{\lambda}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}, u_{\tau}^{\tau k}) \geq \varepsilon, r = \lambda, \dots, \tau, \\
 & (v_{\lambda}^{\tau k}, v_{\tau}^{\tau k}, v_{\tau}^{\tau k}; v_{\lambda}^{\tau k}, v_{\tau}^{\tau k}, v_{\tau}^{\tau k}) \geq \varepsilon, i = \lambda, \tau, \tau, \\
 & (w_{\lambda}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}; w_{\lambda}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}, w_{\tau}^{\tau k}) \geq \varepsilon, f = \lambda, \tau, \varepsilon > 0 \tag{46}
 \end{aligned}$$

با استفاده از ارزش منتظره و عملیات حسابی ارائه شده در بخش ۲.۴ و ۲.۵، مدل ۴۶ به شکل مدل ۴۷ تبدیل می‌شود:

$$\begin{aligned}
 \max EV(\tilde{E}^I) & = EV \left( \sum_{r=1}^{\tau} u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau k}, \sum_{r=1}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k}, \sum_{r=1}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k}; \right. \\
 & \left. \sum_{r=1}^{\tau} u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau k}, \sum_{r=1}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k}, \sum_{r=1}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k} \right) \\
 \text{s.t.} : & EV \left( \left( \sum_{i=1}^{\tau} v_{\lambda}^{\tau k} x_{\lambda}^{\tau k}, \sum_{i=1}^{\tau} v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau k}, \sum_{i=1}^{\tau} v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau k}; \right. \right. \\
 & \left. \left. \sum_{i=1}^{\tau} v_{\lambda}^{\tau k} x_{\lambda}^{\tau k}, \sum_{i=1}^{\tau} v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau k}, \sum_{i=1}^{\tau} v_{\tau}^{\tau k} x_{\tau}^{\tau k} \right) + \right. \\
 & \left. \left( \sum_{r=0}^{\tau} u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau k}, \sum_{r=0}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k}, \sum_{r=0}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k}; \right. \right. \\
 & \left. \left. \sum_{r=0}^{\tau} u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau k}, \sum_{r=0}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k}, \sum_{r=0}^{\tau} u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau k} \right) \right) \\
 & = EV((\lambda, \lambda, \lambda; \lambda, \lambda, \lambda)), \\
 & EV((u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau j}, u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau j}, u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau j}; u_{\lambda}^{\tau k} y_{\lambda}^{\tau j}, u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau j}, u_{\tau}^{\tau k} y_{\tau}^{\tau j}) + \\
 & (w_{\lambda}^{\tau k} Z_{\lambda}^{\tau j}, w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j}, w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j}; w_{\lambda}^{\tau k} Z_{\lambda}^{\tau j}, w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j}, w_{\tau}^{\tau k} Z_{\tau}^{\tau j}))
 \end{aligned}$$



$$\left( w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + \varphi w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} \right) + \sum_{r=0}^{\epsilon} (u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + \varphi u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk}) \quad (52)$$

با استفاده از مقادیر قطعی، وزن هر زیرواحد با روابط ۵۳ تا ۵۵ محاسبه خواهد شد.

$$\tilde{w}^{I(1)} = \left( v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + \varphi v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} \right) \div \left( \sum_{i=1}^{\tau} (v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik} + v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik} + \varphi v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik} + v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik} + v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik}) + \sum_{r=0}^{\epsilon} (u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + \varphi u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk}) \right) \quad (53)$$

$$\tilde{w}^{I(2)} = \left( v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + \varphi v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} \right) + \left( w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + \varphi w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} \right)$$

$$\div \left( \sum_{i=1}^{\tau} (v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik} + v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik} + \varphi v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik} + v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik} + v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik}) + \left( w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + \varphi w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} \right) + (u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + \varphi u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk}) + \sum_{r=0}^{\epsilon} (u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + \varphi u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk}) \right) \quad (54)$$

$$\tilde{w}^{I(3)} = \left( v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + \varphi v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} \right) + \left( w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + \varphi w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} \right) + \sum_{r=0}^{\epsilon} (u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + \varphi u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk}) \div \left( v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + \varphi v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} \right) + \left( w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + \varphi w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} \right) + (u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + \varphi u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk}) + (u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + \varphi u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk}) + \sum_{r=0}^{\epsilon} (u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + \varphi u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk}) \quad (55)$$

## ۵. مطالعه‌ی موردی (شرکت سیم و کابل مغان)

بژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی است؛ زیرا نتایج این مطالعه می‌تواند برای شرکت‌های تولیدی و خدماتی شبکه‌یی به کار گرفته شود. در مطالعه‌ی حاضر، بعد از ارائه‌ی مدل پیشنهادی، برای اطمینان از اثربخشی مدل، مدل خود ارزیابی در یک مطالعه‌ی موردی به کار گرفته و تجزیه و تحلیل می‌شود. با توجه به مسئله‌ی تحقیق، شرکت سیم و کابل مغان که یکی از پیشرفته‌ترین تولیدکنندگان داخلی سیم و کابل است، به عنوان مطالعه‌ی موردی انتخاب شد.

این شرکت شرایط مورد نیاز تحقیق از لحاظ سیستم شبکه‌یی را داراست و اجرای مدل روی محصولات این کارخانه امکان‌پذیر است. با توجه به تنوع محصولات کارخانه، از اطلاعات محصول «۶\*۲ مفتول» که از تولیدات متداول کارخانه و دارای

$$\left( v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + \varphi v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} \right) + \left( w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + \varphi w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} \right)$$

$\leq 0, j = 1, \dots, n$

$$\sum_{r=1}^{\tau} (u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + \varphi u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk}) - \left( (v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + \varphi v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk}) + \left( w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + \varphi w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} \right) + \sum_{r=0}^{\epsilon} (u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + \varphi u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk}) \right)$$

$\leq 0, j = 1, \dots, n,$

$$u_{\nu'}^{rk} \geq u_{\nu'}^{rk} \geq u_{\nu'}^{rk} \geq u_{\nu'}^{rk} \geq u_{\nu'}^{rk} \geq \epsilon, r = 1, \dots, \epsilon,$$

$$v_{\nu'}^{rk} \geq v_{\nu'}^{rk} \geq v_{\nu'}^{rk} \geq v_{\nu'}^{rk} \geq v_{\nu'}^{rk} \geq \epsilon, i = 1, 2, 3,$$

$$w_{\nu'}^{rk} \geq w_{\nu'}^{rk} \geq w_{\nu'}^{rk} \geq w_{\nu'}^{rk} \geq w_{\nu'}^{rk} \geq \epsilon, f = 1, 2, \epsilon > 0 \quad (48)$$

مدل ۴۸ یک مدل برنامه‌ریزی خطی شبکه‌یی قطعی و شناخته شده به عنوان مدل شبکه‌یی محیط فازی شهودی است.

در نتیجه کارایی قطعی سیستم و زیرواحدها در شرکت تولیدی کابل مغان با روابط ۴۹ تا ۵۲ محاسبه می‌شوند.

$$\tilde{E}_k^I = \sum_{r=1}^{\tau} (u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + \varphi u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk}) \div \left( \sum_{i=1}^{\tau} (v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik} + v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik} + \varphi v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik} + v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik} + v_{\nu'}^{ik} x_{\nu'}^{ik}) + \sum_{r=0}^{\epsilon} (u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + \varphi u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk}) \right) = 1/8 \left( \sum_{r=1}^{\tau} (u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + \varphi u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk}) \right) \quad (49)$$

$$\tilde{E}_k^{I(1)} = \left( v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + \varphi v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} \right) + \left( w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + \varphi w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} \right) \div \left( v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + \varphi v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} \right) \quad (50)$$

$$\tilde{E}_k^{I(2)} = \left( v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + \varphi v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} \right) + \left( w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + \varphi w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} \right) \div \left( \left( v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + \varphi v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} \right) + \left( w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + \varphi w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} + w_{\nu'}^{rk} z_{\nu'}^{rj} \right) \right) \quad (51)$$

$$\tilde{E}_k^{I(3)} = \sum_{r=1}^{\tau} (u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + \varphi u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk} + u_{\nu'}^{rk} y_{\nu'}^{rk}) \div \left( v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + \varphi v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} + v_{\nu'}^{rk} x_{\nu'}^{rk} \right) +$$

جدول ۱. داده‌های ورودی و خروجی قطعی و فازی شهودی سیستم تولیدی سیم و کابل مغان.

بخش سوم			بخش دوم			بخش اول			بخش‌ها		
$Y_6$	$Y_5$	$Y_4$	$Y_3$	$X_3$	$Z_2$	$Y_2$	$X_2$	$Z_1$	$Y_1$	$X_1$	دوره‌ی زمانی
۰٫۴۹۷	۰٫۸۴۵	(۱۱٫۷٫۶٫۱۴٫۷٫۵)	۵۱۵	۰٫۲	۰٫۳	۰٫۰۰۷	۵	۰٫۰۴	۰٫۱۰	۸	دوره‌ی ۱- بهار ۱۳۹۴
۰٫۵۹۵	۱	(۲۲٫۲۰٫۱۷٫۲۵٫۲۰٫۱۴)	۵۱۰	۰٫۳	۰٫۱	۰٫۰۰۶	۴	۰٫۰۶	۰٫۰۷	۹	دوره‌ی ۲- تابستان ۱۳۹۴
۰٫۶۳۱	۰٫۵۵۴	(۳۸٫۳۷٫۳۳٫۴۰٫۳۷٫۳۰)	۵۰۰	۰٫۲	۰٫۲	۰٫۰۰۵	۴	۰٫۰۳	۰٫۱۴	۷	دوره‌ی ۳- پاییز ۱۳۹۴
۰٫۵۲۱	۰٫۴۵۶	(۲۲٫۱۹٫۱۸٫۲۴٫۱۹٫۱۶)	۵۰۵	۰٫۴	۰٫۵	۰٫۰۰۵	۳	۰٫۰۶	۰٫۰۸	۶	دوره‌ی ۴- زمستان ۱۳۹۴
۰٫۴۵۶	۱	(۲۰٫۱۸٫۱۳٫۲۴٫۱۸٫۱۱)	۵۱۵	۰٫۳	۰٫۴	۰٫۰۰۶	۲	۰٫۰۳	۰٫۱۱	۸	دوره‌ی ۵- بهار ۱۳۹۵
۰٫۵۵۴	۰٫۷۲۵	(۳۲٫۲۵٫۲۲٫۳۸٫۲۵٫۱۸)	۵۰۵	۰٫۴	۰٫۲	۰٫۰۰۹	۳	۰٫۰۶	۰٫۱۳	۱۰	دوره‌ی ۶- تابستان ۱۳۹۵
۰٫۵۶۱	۰٫۸۵۱	(۴۷٫۳۷٫۱۵٫۵۰٫۳۷٫۱۱)	۵۱۰	۰٫۳	۰٫۲	۰٫۰۰۸	۴	۰٫۰۴	۰٫۰۹	۱۱	دوره‌ی ۷- پاییز ۱۳۹۵
۰٫۲۲۵	۰٫۸۷۵	(۴۳٫۴۰٫۳۴٫۴۰٫۳۲)	۵۱۵	۰٫۲	۰٫۱	۰٫۰۰۷	۳	۰٫۰۵	۰٫۱۰	۱۱	دوره‌ی ۸- زمستان ۱۳۹۵
۰٫۵۰۵	۰٫۵۹۷	(۲۸٫۲۰٫۱۵٫۳۲٫۲۰٫۱۲)	۵۱۰	۰٫۱	۰٫۴	۰٫۰۰۸	۴	۰٫۰۱	۰٫۱۲	۱۲	دوره‌ی ۹- بهار ۱۳۹۶
۰٫۵۲۱	۰٫۷۵۶	(۱۸٫۱۵٫۱۲٫۲۰٫۱۵٫۹)	۵۰۰	۰٫۳	۰٫۱	۰٫۰۰۶	۴	۰٫۰۲	۰٫۱۳	۱۰	دوره‌ی ۱۰- تابستان ۱۳۹۶

جدول ۲. نتایج کارایی در محیط فازی شهودی برای سیستم تولیدی سیم و کابل مغان.

$E_{k_0}^I$	$E_{k_0}^I(c)$	$E_{k_0}^I(r)$	$W(r)$	$E_{k_0}^I(b)$	$E_{k_0}^I(t)$	$W(t)$	$E_{k_0}^I(a)$	$E_{k_0}^I(l)$	$W(l)$	دوره‌ی زمانی
۰٫۸۱۶۰	۰٫۸۱۶۵	۰٫۸۱۶۳	۰٫۹۹۹۲	۰٫۹۹۹۷	۰٫۵۵۳۴	۰٫۰۰۰۷	۰٫۹۹۹۵	۰٫۲۶۹۹	۰٫۰۰۰۷	دوره‌ی ۱- بهار ۱۳۹۴
۰٫۶۷۱۶	۰٫۶۷۲۱	۰٫۶۷۱۹	۰٫۹۹۹۴	۰٫۹۹۹۸	۰٫۶۲۰۰	۰٫۰۰۰۵	۰٫۹۹۹۶	۰٫۶۲۲۲	۰٫۰۰۰۹	دوره‌ی ۲- تابستان ۱۳۹۴
۰٫۹۹۹۷	۱	۱	۰٫۹۹۹۲	۰٫۹۹۹۷	۰٫۳۸۶۷	۰٫۰۰۰۴	۱	۱	۰٫۰۰۰۷	دوره‌ی ۳- پاییز ۱۳۹۴
۰٫۹۹۹۸	۱	۱	۰٫۹۹۹۷	۰٫۹۹۹۸	۰٫۷۳۲۳	۰٫۰۰۰۶	۱	۱	۰٫۰۰۰۶	دوره‌ی ۴- زمستان ۱۳۹۴
۰٫۹۷۹۴	۰٫۹۷۹۶	۰٫۷۲۳۰	۰٫۰۷۳۷	۰٫۹۹۸۸	۰٫۹۹۸۷	۰٫۹۲۵۹	۰٫۹۹۹۸	۰٫۷۲۵۰	۰٫۰۰۰۸	دوره‌ی ۵- بهار ۱۳۹۵
۰٫۹۸۶۱	۰٫۹۸۶۴	۰٫۷۹۶۱	۰٫۰۶۶۷	۰٫۹۹۹۹	۰٫۹۹۹۹	۰٫۹۳۲۷	۰٫۹۹۹۸	۰٫۷۹۹۹	۰٫۰۰۰۱	دوره‌ی ۶- تابستان ۱۳۹۵
۰٫۹۴۱۷	۰٫۹۴۲۵	۰٫۹۴۲۵	۰٫۹۹۹۵	۰٫۹۹۹۸	۰٫۷۱۶۰	۰٫۰۰۰۶	۰٫۹۹۹۴	۰٫۴۹۷۰	۰٫۰۰۱۱	دوره‌ی ۷- پاییز ۱۳۹۵
۰٫۹۹۹۳	۱	۱	۰٫۹۹۹۲	۰٫۹۹۹۸	۰٫۶۷۵۰	۰٫۰۰۰۵	۰٫۹۹۹۵	۰٫۵۷۵۷	۰٫۰۰۱۱	دوره‌ی ۸- زمستان ۱۳۹۵
۰٫۹۹۹۲	۱	۱	۰٫۹۹۹۱	۰٫۹۹۹۹	۰٫۹۸۵۱	۰٫۰۰۰۴	۰٫۹۹۹۳	۰٫۴۳۸۹	۰٫۰۰۱۲	دوره‌ی ۹- بهار ۱۳۹۶
۰٫۸۰۷۲	۰٫۸۰۷۷	۰٫۸۰۷۶	۰٫۹۹۹۲	۰٫۹۹۹۸	۰٫۶۲۸۴	۰٫۰۰۰۵	۰٫۹۹۹۶	۰٫۶۱۳۳	۰٫۰۰۰۱	دوره‌ی ۱۰- تابستان ۱۳۹۶

مختلف برش بزنند و کارایی خود را در هر مقطع زمانی نسبت به سایر مقاطع ارزیابی کنند. بنابراین، در این تحقیق تلاش بر آن است تا با فرضیه‌ی ایجاد گزینه‌های مجازی برای هر واحد تصمیم‌گیرنده در طی فرایند سری زمانی، ارزیابی کارایی صورت گیرد. این مطالعه یک مدل خود ارزیابی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌یی را در محیط‌های فازی شهودی برای اندازه‌گیری کارایی سیستم سری - موازی (شبکه‌یی) معرفی کرده است. برای این نوع از سیستم‌ها، مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی شهودی معمولی مناسب نیست؛ زیرا سیستم‌ها را یک کل در نظر می‌گیرد؛ درحالی‌که مدل پیشنهادی در این مطالعه در اندازه‌گیری کارایی فازی شهودی، فرایندهای درونی را در نظر می‌گیرد. برای اطمینان از اثر بخشی مدل پیشنهادی، مسئله‌ی خود ارزیابی ۱۰ برش زمانی از شرکت سیم و کابل مغان با یک خروجی فازی شهودی (نشان تجاری و جایگاه) در نظر گرفته شد. با به کارگیری این مدل در شرکت سیم و کابل مغان به عنوان مطالعه‌ی موردی، کاراترین دوره‌ی زمانی و کاراترین زیرواحد در هر دوره مشخص شد. با استفاده از نرم‌افزار LINGO چنین نتیجه‌گیری می‌شود که مدل شبکه‌یی نسبت به مدل معمولی کارایی بیشتری دارد؛ پس اگر هدف اندازه‌گیری کارایی زیرواحدها و تعیین رابطه‌ی بین کارایی کل و زیرواحدها باشد، استفاده از مدل شبکه‌یی (رویکرد تجزیه) اولویت دارد. بنابراین مقاله‌ی حاضر نشان می‌دهد که برای بررسی کاربردهای عملی به صورت واقعی‌تر و برای ترکیب متغیرهای ورودی

عملیات مناسب برای مدل‌سازی است، استفاده شده است. همچنین به دلیل نیاز مدل به داده‌های زمانی، اطلاعات ۴ دوره‌ی سه‌ماهه سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ و همچنین ۲ دوره‌ی سه‌ماهه‌ی اول سال ۱۳۹۶ این محصول استخراج شد. که در جدول ۱ نشان داده شده است.

واحد تولیدی مورد نظر دارای سه ورودی، دو ورودی میانی و شش خروجی نهایی است. اطلاعات قطعی از دفترهای شرکت استخراج شده است و برای به دست آوردن اطلاعات فازی شهودی نشان تجاری و جایگاه از نظرات خبرگان بخش بازاریابی استفاده شد. از آن‌جا که دو خروجی بخش ۳ نامطلوب هستند، با آنها مشابه ورودی برخورد می‌شود (قصد کاهش آنها را داریم). با به کار بردن رابطه‌ی ۴۸ و روابط (۴۹) تا (۵۲) می‌توان کارایی قطعی سیستم، بخش‌ها و زیرواحدها را در محیط فازی شهودی محاسبه کرد که در جدول ۲ نشان داده شده است.

## ۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به تفاوت ماهوی سازمان‌ها، خود ارزیابی یکی از بهترین روش‌های ارزیابی عملکرد محسوب می‌شود. سازمان‌ها می‌توانند فعالیت‌های خود را در افق‌های زمانی

واحدهای تولیدی از داده‌های فازی شهودی استفاده شده است، پیشنهاد می‌شود محققان از سایر داده‌های مبهم استفاده کنند. در این مطالعه، مدل شبکه‌یی در دوره‌های زمانی به صورت کاملاً مستقل به کار گرفته شدند، اما می‌توان با به کارگیری مدل پویای تحلیل پوششی داده‌ها مدل پیشنهادی را تکمیل کرد.

و خروجی با ماهیت فازی شهودی در DEA، اندازه‌گیری کارایی با داده‌های فازی شهودی ضرورت دارد. این بدین معناست که یک رویکرد IFDEA برای مقابله با این ورودی‌ها و خروجی‌ها نیاز است که داده‌های آنها در شرایط واقعی به شکل‌های ذهنی، زبانی و مبهم وجود دارند. با توجه به این‌که در مطالعه‌ی حاضر برای تحلیل

## پانوشته‌ها

1. data envelopment analysis (DEA)
2. crisp network DEA
3. degrees of hesitate
4. intuitionistic fuzzy set (IFS)
5. self-assessment
6. decision making unit (DMU)
7. intuitionistic fuzzy network data envelopment analysis (IFN-DEA)
8. Stackelberg
9. Slack-based measure (SBM)
10. Expected value

## منابع (References)

1. Sheikh, R. and Mirzaei, M. "Self- assessment of product quality dimension using network slack-based measure method", *Journal of Engineering and Quality Management*, **4**(1), pp. 55-56 (2015). (In Persian)
2. Shafiei Nikabadi, M., Yakidah, K. and Ovsiy Omran, A. "Acomposite approach to data envelopment analysis with types of outputs and window analysis in evaluating the power industry efficiency", *Industrial Management Outlook*, **24**, pp. 180-157 (2017). (In Persian)
3. Färe, R. "Measuring farrell efficiency for a firm with intermediate inputs", *Academia Economic Papers*, **19**(2), pp. 329-340 (1991).
4. Kao, C. and Hwang, S.-N. "Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: an application to non-life insurance companies in Taiwan", *European Journal of Operational Research*, **185**(1), pp. 418-429 (2008).
5. Kao, C. "Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: a relational model", *European Journal of Operational Research*, **192**(3), pp. 949-962 (2009).
6. Fukuyama, H. and Weber, W.L. "A slacks-based inefficiency measure for a two-stage system with bad outputs", *Omega*, **38**(5), pp. 398-409(2010).
7. Kao, C. "Efficiency decomposition for parallel production systems", *Journal of the operational Research Society*, **63**(1), pp. 64-71 (2012).
8. Kao, C. "Efficiency decomposition for general multi-stage systems in data envelopment analysis", *European Journal of Operational Research*, **232**(1), pp. 117-124 (2014).
9. Kao, C. and Liu, S.-T. "Efficiencies of two-stage systems with fuzzy data", *Fuzzy Sets and Systems*, **176**(1), pp. 20-35 (2011).
10. Kao, C. and Lin, P.-H. "Efficiency of parallel production systems with fuzzy data", *Fuzzy Sets and Systems*, **198**, pp. 83-98 (2012).
11. Zimmermann, H.J., *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, (4th ed.), Boston: Kluwer (1996).
12. Atanassov, K.T. "More on intuitionistic fuzzy sets", *Fuzzy Sets and Systems*, **33**(1), pp. 37-45 (1989).
13. Hajiagha, S.H.R., Akrami, H., Kazimieras Zavadskas, E. and et.al. "an intuitionistic fuzzy data envelopment analysis for efficiency evaluation under ucertainty: case of a finance and credit institution", *E a M: Ekonomie a Management*, **161**, pp. 128-137 (2013).
14. Puri, J. and Yadav, S.P. "Intuitionistic fuzzy data envelopment analysis: an application to the banking sector in India", *Expert Systems with Applications*, **42**(11), pp. 4982-4998 (2015).
15. Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, **2**(6), pp. 429-444 (1978).
16. Färe, R. and Grosskopf, S. "Network DEA", *Socio-Economic Planning Sciences*, **34**, pp. 35-49 (2000).
17. Cook, W.D. and Liang, L. , Zhu, J. "Measuring performance of two-stage network structures by DEA: a review and future perspective", *Omega*, **38**(6), pp. 423-430 (2010).
18. Sexton, T. R. and Lewis, H. F. "Two-stage DEA: an application to major league baseball", *Journal of Productivity Analysis*, **19**(2), pp. 227-249 (2003).
19. Chilingirian, J. A. and Sherman, H. D. "Health-care applications: from hospitals to physicians, from productive efficiency to quality frontiers Handbook on data envelopment analysis", Springer, pp. 445-493 (2011).
20. Liang, L., Yang, F., Cook, W. D. and et al. "DEA models for supply chain efficiency evaluation", *Annals of Operations Research*, **145**(1), pp. 35-49 (2006).
21. Chen, Y. and Zhu, J. "Measuring information technology's indirect impact on firm performance", *Information Technology and Management*, **5**(1), pp. 9-22 (2004).
22. Chen, Y., Liang, L., Yang, F. and et al. "Evaluation of information technology investment: a data envelopment analysis approach", *Computers & Operations Research*, **33**(5), pp. 1368-1379 (2006).
23. Tone, K. and Tsutsui, M. "Network DEA: a slacks-based measure approach", *European Journal of Operational Research*, **197**(1), pp. 243-252 (2009).
24. Zadeh, L.A. "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I", *Information sciences*, **8**(3), pp. 199-249 (1975).

25. Daneshvar Rouyendegh, B. "The DEA and intuitionistic fuzzy TOPSIS approach to departments' performances: a pilot study", *Journal of Applied Mathematics*, pp.1-16 (2011). DOI: 10.1155/2011/712194.
26. Govindan, K., Khodaverdi, R. and Vafadarnikjoo, A. "Intuitionistic fuzzy based DEMATEL method for developing green practices and performances in a green supply chain", *Expert Systems with Applications*, **42**(20), pp. 7207-7220 (2015).
27. Singh, S. "Intuitionistic fuzzy DEA/AR and its application to flexible manufacturing systems", *RAIRO - Operations Research*, **52**(1), pp. 241-257 (2018).
28. Atanassov, K. T. "Intuitionistic fuzzy sets", *Fuzzy Sets and Systems*, **20**(1), pp. 87-96 (1986).
29. Mahapatra, G. and Roy, T. "Reliability evaluation using triangular intuitionistic fuzzy numbers arithmetic operations", *World Academy of Science, Engineering and Technology*, **50**, pp. 574-581 (2009).
30. Nagoorgani, A. and Ponnalagu, K. "A new approach on solving intuitionistic fuzzy linear programming problem", *Applied Mathematical Sciences*, **6**(70), pp. 3467-3474 (2012).
31. Grzegorzewski, P. "Distances and orderings in a family of intuitionistic fuzzy numbers", *In Proceedings of the EUSFLAT Conference*, pp. 223-227 (2003).