

مدل تصمیم‌گیری فازی چند معیاری بر ای سناریوهای مختلف نسل قدرت

الکتريکی در مصر

چکیده

در فرایند تحلیلی شبکه (ANP) یک شبکه یا سلسله مراتب ایجاد می‌شود تا تصمیمی را ایجاد کند و ماتریسی را تاسیس کند که حاوی قضاوت‌های مقایسه دو به دو برای عناصر پیوند شده تحت یک عنصر شفاف است. یک بردار اولویتی از اوزان نسبی برای این عناصر ایجاد می‌شود. پس تمامی بردارهای اولویتی بصورتی مناسب وزن‌دار می‌شوند و فرض بر این گرفته می‌شود که کل اولیت‌ها برای جایگزین‌های یک تصمیم حاصل می‌شود. در این مقاله، یک مدل ANP فازی کارآمد را توسعه می‌دهیم که به تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا از میان آنها جایگزین‌هایی را برای سناریوهای مصری از نسل قدرت الکتريکی انتخاب کنند.

کلمات کلیدی

فازی؛ فرایند شبکه تحلیلی؛ تابع گاوسی؛ تصمیم‌گیری

1. مقدمه

سیستم‌های مبتنی بر قاعده فازی بصورتی وسیع در تنوعی از حوزه‌های مهندسی همچون داده کاوی، تشخیص الگو، شناسایی سیستم، و کنترل فرایند مورد استفاده قرار می‌گیرد [1]. منطق فازی یک ابزار مهم در بیان و تعریف دانش کارشناسان دامنه است به طوری که وجود توابع ارزشمند انسان را می‌توان در طراحی کنترلرها گنجانده و برای

رسیدگی به موقعیت‌های زندگی واقعی مورد استفاده قرار داد که رویکرد کنترل کلاسیک به این نتیجه می‌رسد که مقابله با آن سخت و غیرمحمتمل است [2].

فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) به منظور مقابله با مسائل تصمیم‌گیری چند مشخصه‌ای در شرایط واقعی استفاده می‌شود که در آن تعاملی مابین معیار تصمیم یا جایگزین‌ها وجود دارد. در فرمولبندی سنتی ANP، قضاوت‌های انسانی بعنوان اعداد واقعی ارائه می‌شود. با اینحال، در بسیاری از موارد عملی، مدل ترجیح انسانی نامشخص است و تصمیم گیرندگان احتمالاً قادر به تخصیص مقادیر دقیق عددی برای داوری‌ها جهت مقایسه نیستند. از آنجا که برخی از معیارهای ارزیابی از منظر ماهیت ذهنی و کیفیتی است، پس این موضوع بسیار سختی برای تصمیم گیرندگان است که ترجیحات و اولویت‌ها را با استفاده از مقادیر دقیق عددی بیان کنند و قضاوت‌های مقایسه فازی دو به دوی دقیق را ارائه کنند. این موضوع برای وی بسیار مطلوب است که ارزیابی‌های فازی یا بازه‌های زمانی را مورد استفاده قرار دهد [3]. برای بهبود روش ANP، این مقاله در مورد یک رویکرد فازی ANP با استفاده از اعداد فازی گاوسی بحث می‌کند تا داوری‌های قیاس تصمیم گیرندگان را ارائه کند و روش آنالیز را به منظور تصمیم‌گیری درباره اولویت نهایی معیارهای مختلف تصمیم توسعه دهد. مدل ارائه شده متغیرهای زبان‌شناختی و اعداد فازی گاوسی را بعنوان یک مقیاس دو به دو برای هدایت اولویت‌ها از مشخصات مختلف انتخاب و زیر مشخصات استفاده می‌کند. در مرحله آخر، اوزان اولویت برای مشخصات اصلی، زیر مشخصات و جایگزین‌ها ترکیب می‌شوند تا اوزان اولویت جایگزین‌ها را تعیین کنند. جایگزین با بالاترین وزن اولیویتی بعنوان بهترین جایگزین انتخاب می‌شود.

ارگینل و شنتورک یک مدل فازی ANP را توسعه می‌دهند تا برای سه سیستم جهانی برای اپراتورهای ارتباطات تلفن همراه (GSM) رتبه‌بندی کنند [4]. یوکسل و داگدویران ANP فازی را استفاده می‌کنند تا فرایندی را برای آنالیز فرصت‌ها و تهدیدات، نقاط ضعف و قوت کمیته (SWOT) نشان دهند که می‌توان در زمانی استفاده کرد که وابستگی در بین عوامل راهبردی برای یک شرکت نساجی وجود دارد [5].

هدف این مقاله ارائه یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری ANP فازی است که به تصمیم‌گیرندگان با هر نوع قدر و اختیاری کمک می‌کند تا بهترین جایگزین‌ها را در بین چندین ارائه دهنده انتخاب کند. چنین نوعی از سیستم اغلب مستلزم تصمیم‌گیرندگان بسیار مجرب است تا اطلاعات مبهم و نامشخص را در نظر بگیرد.

تئوری مجموعه فازی یک مفاهیم احتمالی از مدیریت انواع داده یا اطلاعات را پیشنهاد می‌کند. از سوی دیگر، ANP مفاهیمی را برای سروکار داشتن با خلق اولویت‌های مختلف جهت جایگزینی تصمیمات مختلف، پیشنهاد می‌کند. بقیه مقاله به شرح زیر است. در بخش ۲ یک مرور کلی از مجموعه‌های فازی متغیرهای زبان‌شناختی فرایند سلسله‌مراتبی (AHP) و کاربردهای فازی AHP در منابع داده می‌شود. در بخش ۳ نیز فرایند تحلیل شبکه‌ای (AHP) نشان داده می‌شود. رویکرد مبتنی بر FANP در بخش ۴ بحث می‌شود. مدل ارائه شده ANP فازی گاوسی (GFANP) برای انتخاب بهترین جایگزین توسعه می‌یابد و مراحل هر بخش از رویکرد در بخش ۵ در جزئیات تشریح داده می‌شود. در بخش ۶ نتایج منتج از مدل بحث می‌شود و در انتها مقاله همراه با یادآوری‌ها و نتیجه‌گیری‌ها پایان می‌پذیرد.

مصر ظرفیت تولید 20 گیگاوات را (GW) تا سال 2010، با برنامه برای اضافه کردن 25 GW تولید اضافی ظرفیت انرژی تا سال 2020 را راه‌اندازی کرد. حدود 90 درصد از ظرفیت تولید برق مصر حرارتی (گاز طبیعی) است، و 10٪ باقی مانده هیدروالکتریک، عمدتاً از بالای سد اشکان می‌باشد. همه روغن‌های گیاهی به عنوان سوخت‌های اولیه خودشان به گاز طبیعی تبدیل شده‌اند. مصر همچنین قصد دارد بخشی از نیروگاه انرژی خورشیدی را در Kureimat بسازد، که کل ظرفیت برنامه ریزی شده 150 مگاوات است. پروژه هلندی تامین 60 مگاوات از نیروگاه‌های بادی در منطقه کانال سوئز در حال ساخت است. مصر نیز دارای یک رآکتور تحقیقاتی هسته‌ای 22 مگاواتی در Inshas در دلتای نیل است که توسط INVAP S.A از آرژانتین ساخته شده است که این عملیات در سال 1997 آغاز شده است.

2. بررسی منابع

2.1 مجموعه های فازی

زمانی که نظریه مجموعه فازی ارائه شد، محققان تصمیم گیری را به عنوان یکی از جذاب ترین زمینه های کاربردی تئوری این نظریه مطرح کردند. تئوری تصمیم گیری فازی برای مقابله با ابهام و عدم مشخصه ذاتی در فرمولاسیون انسان از اولویت ها، محدودیت ها و اهداف تلاش می کند [8].

فرمول یک مجموعه فازی A در X به طور رسمی به صورت زیر تعریف می شود:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \quad (1)$$

2.2 متغیرهای زبانی

تکنیک های معمول برای تجزیه و تحلیل سیستم، به طور ذاتی برای مقابله با سیستم های انسانی کسانی که رفتارشان شدیداً تحت تاثیر قضاوت های انسانی، ادراک، و احساسات هستند، نامناسب می باشد [10]. این یک نمود از آنچه ممکن است اصل ناسازگاری نامیده شود می باشد: «به عنوان پیچیدگی از یک افزایش سیستمی، توانایی ما برای ایجاد دقیق و در عین حال قابل توجه اظهارات در مورد رفتار آن تا زمانی که به آستانه فراتر از دقت و اهمیت برسد، کاهش می یابد و تقریباً به ویژگی های متقابلاً منحصر به فرد تبدیل می شود. به دلیل این باور، Zadeh مفهوم متغیرهای زبانی را به عنوان یک رویکرد جایگزین برای مدل سازی تفکر انسانی یک رویکرد که به شیوه ای تقریبی را پیشنهاد می کند که به جای اعداد واضح در اختیار خلاصه اطلاعات و بیان آن از مجموعه های فازی می باشد [11].

2.3 روند سلسله مراتب تحلیلی (AHP)

رویکرد AHP در اوایل دهه 1970 در واکنش به برنامه ریزی احتمالی نظامی، تخصیص منابع کمیاب، و نیاز به مشارکت سیاسی در توافق های خلع سلاح توسعه یافت. [12، 13]. تمام این مشکلات به شدت به اندازه گیری

ومعاملات غیرمستقیم در یک فرایند چند معیاره بستگی دارد. AHP روشی ساختاری برای مطرح کردن نظرات ترجیحی از سوی تصمیم گیرندگان است. این روندی روش شناسی است که به آسانی می تواند در فرمولاسیون های برنامه نویسی چند هدف با فرآیند راه حل تعاملی گنجانیده شود [12-14]. رویکرد AHP شامل تجزیه یک مشکل پیچیده و بدون ساختار در یک مجموعه از اجزای سازمان یافته در یک فرم سلسله مراتبی است [14]. یکی از ویژگی های برجسته AHP، اندازه گیری تصمیم گیری های ذهنی تصمیم گیرندگان با تخصیص ارزش عددی بر اساس اهمیت نسبی از عوامل در نظر گرفته شده است. می توان نتیجه گرفت با مجوز دادن به قضاوت ها، اولویت های کلی متغیرها را تعیین می کند. [15]. فرآیند سلسله مراتب تحلیلی (AHP) بهترین جایگزین را با توجه به تعدادی از معیارهای متضاد از چندین نفر پیدا می کند. در AHP یک نفر سلسله مراتب یا شبکه ایجاد میکند برای نشان دادن یک تصمیم و ایجاد یک ماتریس شامل قضاوت مقایسه ای جفت عاقلانه برای عناصر مرتبط تحت یک عنصر والدین است. سلسله مراتب به گونه ای شکل گرفته است که آن را قادر می سازد از عناصر در یک سطح برای مقایسه فوری عناصر در سطح زیر تشکیل شده است. یک سلسله مراتب باید برای نشان دادن مشکل به اندازه کافی غنی باشد اما به اندازه کافی درمورد حساسیت انعکاسی ساده به نظر رسد. مقایسه جفت ها ضروری هستند. در ابتدا مقایسات زوجی بر مبنای جدول ترجیحات ایجاد می شود، و سپس اولویت ها را از آن ها می گیرد. جفت های مقایسه ای نقش یک موتور را برای تولید اندازه گیری نسبی دارند. سپس یک بردار اولویت نسبت به وزن نسبی این عناصر ایجاد می کند. از این نمونه ماتریس یک نمونه برای هر یک از عنصر والدین وجود دارد. همه بردارهای اولویت دارای وزن مناسب هستند و برای به دست آوردن اولویت های کلی برای جایگزین یک تصمیم خلاصه می شوند [16].

2.3.1 استاندارد AHP

Satty بر مبنای ریاضیاتی نشان داد که راه حل مخصوص اگنوکتور بهترین روش برای رتبه بندی اولویت ها ک ماتریس عاقلانه در AHP استاندارد [14]. جدول اولویت های استاندارد مورد استفاده توسط Saaty را ارایه می -

دهد [17]. جدول 2 اولویت‌های اصلاح شده که در حال حاضر در چندین مورد استفاده می‌شود را ارائه می‌دهد [18].

جدول 1. جدول ترجیح استاندارد AHP

Linguistic variable	Crisp number
Equally preferred (EP)	1
Equally to Moderately preferred (WMP)	2
Moderately preferred (MP)	3
Moderately to strongly preferred (MSP)	4
Strongly preferred (SP)	5
Strongly to very strongly preferred (SVP)	6
Very strongly preferred (VP)	7
Very strongly to extremely preferred (VEP)	8
Extremely preferred (XP)	9

جدول 2. جدول ترجیح تغییر یافته AHP

Linguistic variable	Crisp number
Equally preferred (EP)	1
Equally to Weakly preferred (EWP)	2
Weakly preferred (WP)	3
Weakly to Moderately preferred (WMP)	4
Moderately preferred (MP)	5
Moderately to strongly preferred (MSP)	6
Strongly preferred (SP)	7
Strongly to very strongly preferred (SVP)	8
Very strongly preferred (VP)	9
Very strongly to extremely preferred (VEP)	10
Extremely preferred (XP)	11

2.3.2 مقدار AHP فازی (FAHP)

معمول‌ترین و البته شایع‌ترین روش در بین روش‌های مختلف FAHP روش تجزیه و تحلیل میزان پیشنهادی توسط چانگ است [19]. اولین کار در AHP فازی مقایسه مقادیر فازی توصیف شده توسط تابع عضویت مثلثی است [20]. چنگ و مون یک الگوریتم جدید برای ارزیابی سیستم‌های سلاح توسط تحلیل فرایند سلسله مراتب (AHP) براساس مقیاس فازی پیشنهاد کردند که یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره در یک محیط فازی است [21]. چنگ یک الگوریتم برای ارزیابی سیستم موشکی توسط فرایند سلسله مراتب تحلیلی مبتنی بر ارزشهای درجه بندی عملکرد تابع ارائه کرد. این الگوریتم برای ارزیابی سیستم موشکی و انتخاب مشکل مورد استفاده قرار

گرفت. کو و همکاران سیستم پشتیبانی تصمیم ربا استفاده از نظریه مجموعه های فازی یکپارچه با فرایند سلسله مراتب تحلیلی برای یافتن فروشگاههای رفاهی جدید را توسعه دادند [23]. آلتینوز انتخاب تامین کننده به طور کلی و به طور خاص در مورد بخش نساجی را مورد بررسی قرار میدهد [24]. کهرمان و همکاران از فرایند سلسله مراتب تحلیلی فازی (AHP) برای انتخاب بهترین ارائه دهنده شرکت تامین کننده به منظور رضایت بیشتر برای معیارهای تعیین شده در بخش خوب سفید استفاده کردند [25]. چان و کومار یک رویکرد AHP فازی را با استفاده از اعداد فازی مثلثی برای نشان دادن قضاوت های مقایسه ای تصمیم گیرندگان و میزان مصنوعی فازی روش تجزیه و تحلیل برای تصمیم گیری اولویت نهایی تصمیم های مختلف معیارهای مختلف مورد بحث قرار دادند [3]. هدف اصلی انتخاب بهترین تامین کننده یک شرکت تولیدی جهانی است. حق و کانن با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی (AHP) و فازی AHP یک مدل ساختاری برای ارزیابی انتخاب فروشنده پیشنهاد کرد [26]. این روش تحلیل محدوده برای توجه به میزان رضایت عینی برای هدف استفاده شده است یعنی میزان قابل قبول. در این روش، " میزان " با استفاده از یک عدد فازی محاسبه می شود. بر اساس مقادیر فازی برای تحلیل میزان از هر شی، یک مقدار درجه مصنوعی فازی می تواند به صورت زیر بدست بیاید:

فرض کنید $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ عناصر جایگزین را به عنوان یک مجموعه ی شیء رایه کند و فرض کنید $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ عناصر معیارها را به عنوان مجموعه ای از یک هدف ارائه کند. بنابراین میزان M مقادیر تجزیه و تحلیل برای هر شی را می توان با علائم زیر بدست آورد:

مراحل آنالیز میزان چنگ توسط کهرمان و همکاران ارائه شد [27] و دوایرنداگ و همکاران. [28].

2.4 چرا ANP؟

گرچه تکنیک AHP، معایب ذاتی را در مراحل اندازه گیری و ارزیابی آنالیز مشکلات حذف می کند، اما وابستگی های احتمالی در میان عوامل را اندازه گیری نمی کند. روش AHP فرض می کند که عوامل ارائه شده در ساختار سلسله مراتب بصورت مستقل است؛ با این حال، این موضوع همیشه یک پیش فرض منطقی نیست. وابستگی

احتمالی در میان عوامل تنها می تواند به عنوان نتیجه ای از تجزیه و تحلیل محیط زیست داخلی و خارجی تعیین شود.

3. رویکرد شبکه تحلیلی (ANP)

ANP یک رویکرد تصمیم گیری چند جانبه مبتنی بر استدلال، دانش و تجربه کارشناسان در رشته مربوطه است. APN می تواند بعنوان کمک ارزشمند برای تصمیم گیری بکار رود که ویژگی های محسوس و غیر محسوس را درگیر می کند که با مدل مورد مطالعه مرتبط هستند ANP متکی بر فرایند تولید منابع مدیریتی است، بنابراین برای یک ارتباط ساختاری میان تصمیم گیرندگان مجوز می دهد. بنابراین، می تواند به عنوان یک ابزار کیفی برای مشکلات تصمیم گیری استراتژیک عمل کند [29]. روش AHP امکان وابستگی میان عوامل احتمالی را نمی سنجد. فرض بر این است که عوامل ارائه شده در ساختار سلسله مراتب مستقل هستند؛ با این حال، این همیشه یک فرض منطقی نیست. وابستگی احتمالی در میان عوامل تنها می تواند به عنوان یک نتیجه از تجزیه و تحلیل محیط زیست داخلی و خارجی تعیین شود. ANP تصمیم یافته AHP است در حالی که AHP چارچوبی را با یک رابطه یک طرفه سلسله مراتبی AHP ارائه می کند. ANP برای ارتباطات پیچیده بین تصمیم گیری سطوح و صفات مجوز می دهد [5]. به عنوان مثال، نه تنها اهمیت معیارها اهمیت جایگزین ها را بعنوان یک سلسله مراتب تعیین می کند بلکه اهمیت جایگزین ها ممکن است همچنین تاثیر زیادی بر معیار بگذارد. بنابراین، نمایندگی سلسله مراتبی با خط ساختار از بالا به پایین برای یک سیستم پیچیده مناسب نیست. یک سیستم دارای بازخورد می تواند توسط یک شبکه نشان داده شود.

4. ANP فازی

ناتوانی ANP در سروکار داشتن با احساس در فرایند مقایسه جفتهای عقلانی در ANP فازی بهبود یافته است. بجای یک مقدار ترد، ANP فازی مقداری از مقادیر را اعمال می کند و تصمیم گیرندگان نامطمئن را متحد می کند.

پتانسیل ANP برای سروکار داشتن با قضاوتها ی مقایسه ای نا مطمئن و مبهم را افزایش می دهد. رامیک با استفاده از ANP و ورودی های فازی یک سیستم تصمیم گیری را توسعه داد [30]. در این مقاله عملیات محاسباتی با اعداد فازی تعمیم داده شده است و همچنین برای مقایسه نتایج فازی ارائه شده است. کور و مهنتی یک رویکرد مبتنی بر ANP فازی را برای انتخاب فروشندگان ERP توسعه دادند [31]. در این مقاله ANP مجهز شده با منطق فازی در غلبه بر ناکافی بودن و ابهام در عملکرد کمک میکند. وو و همکاران یک روش مبتنی بر ANP برای ارزیابی عملکرد سازمانی پزشکی را توسعه دادند [32]. این مقاله یک مدل ارزیابی با استفاده از فرایند شبکه تحلیلی فازی (FANP) را ارائه می دهد. مدل پیشنهادی می تواند خط مشی اعتباری بیمارستان تایوان را ارائه دهد و آن را برای اهداف تحصیلی و دولتی کارآمدتر و مناسب تر بسازد. رفیعی و ربانی یک تقسیم بندی منظم را در ترکیبات MTS / MTO هیبریدی با استفاده از ANP فازی توسعه دادند [33]. در این مقاله، یک مدل مبتنی بر فرآیند شبکه تحلیلی توسعه یافته برای مقابله با تصمیم نشان داده شده است. به این دلیل که تصمیم گیری با عدم اطمینان و ابهام داده ها به عنوان قضاوت های زبان شناختی کارشناسان و مدیران، پیشنهاد شده است. مدل مجهز به مجموعه نظریه های فازی است رویاندق و ارول رتبه بندی بخش DEA - فازی ANP را در مدل کاربردی در دانشگاه امیرکبیر ایران را توسعه دادند [34]. این تحقیق یک مدل دو مرحله ای است که برای طراحی بخش های کاملاً سازماندهی شده است که هر بخش دارای ورودی ها و خروجی های متعدد است.

5. یک مدل پیشنهادی ANP فازی گاوسی (GFANP)

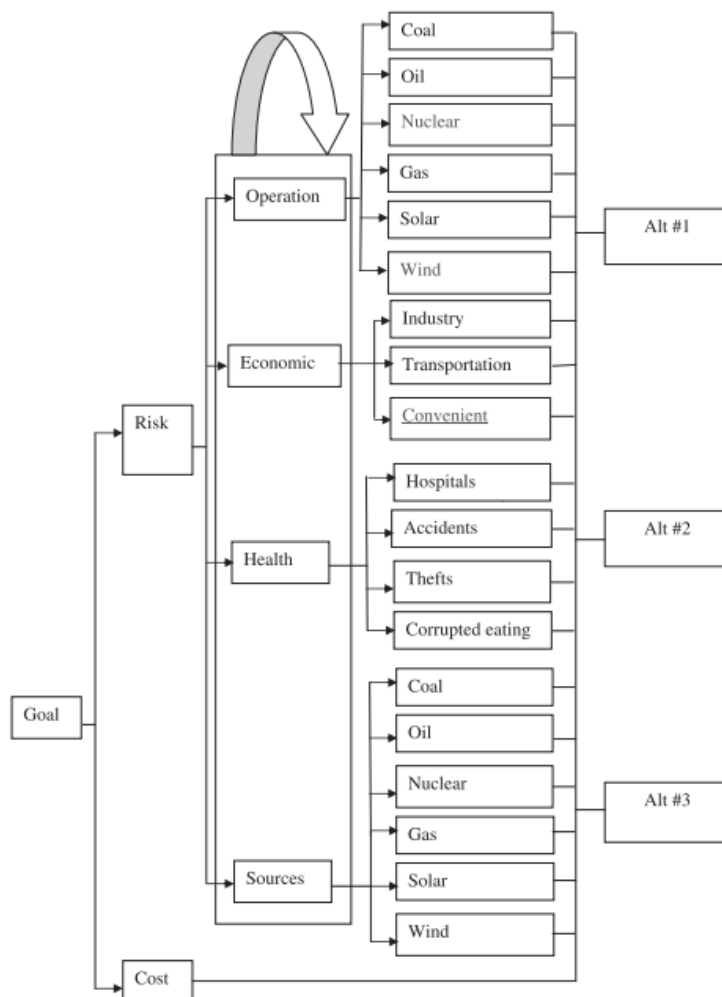
5.1 فرمول بندی مسئله

لازم است که سیستم تصمیم گیری را توسعه دهیم تا به تصمیم گیرندگان دولتی در مصر برای انتخاب بهترین جایگزین برای سناریوهای گوناگون تولید نیروی برق در مصر کمک کند. بالاترین اولویت بهترین است (به تصویر 1 نگاه کنید). سه سناریو جایگزین دیگر وجود دارد:

Alt#1: the current one,

Alt#2: 20% nuclear, 75% petrol, 5% other, and

Alt#3: 25% nuclear, 65% petrol, 5% solar, 5% other.



شکل 1. مدل ANP

در زیر دو مورد نشان دهنده مسئله با اعداد فازی سه گوش است.

مورد ۱: لازم است تا اعداد فازی نشان داده شده در شکل ۲ با متدولوژی FANP رتبه بندی شود. بنابراین دارای

درجه امکان پذیری $(M_1 = (l_1, m_1, u_1)) \geq (M_2 = (l_2, m_2, u_2))$ هستیم که تعریف می شود بعنوان:

$$V(M_1 \geq M_2) = \mu(d_1) \quad (3)$$

و درجه امکان پذیری $(M_1 = (l_1, m_1, u_1)) \geq (M_3 = (l_3, m_3, u_3))$ تعریف می شود بعنوان:

$$V(M_1 \geq M_3) = 0 \quad \text{as } u_1 < l_3 \quad (4)$$

فرض کنید که

$$d(A_i) = \min V(S_i > S_k) \quad \text{for } k = 1, 2, \dots, n; k \neq i. \quad \text{Then (5)}$$

$$d(A_1) = \min(\mu(d_1), 0) = 0 \quad (6)$$

وزن بردار داده شده است توسط

$$W' = (d(A_1), d(A_2), d(A_3))^T \quad (7)$$

پس

$$\text{Then } W' = (0, \mu(d_2), 1) \quad (8)$$

از طریق عادی سازی بردار وزن عادی سازی شده عبارت است از

$$W = (0, w_2, w_3) \quad \text{where } w_2 \text{ and } w_3 \text{ are nonzero values.} \quad (9)$$

در نتیجه توسط ANP فازی سه گوش آیتم نخست بصورت کامل حذف میشود و سایر بردارهای وزن آن صفر می-شود.

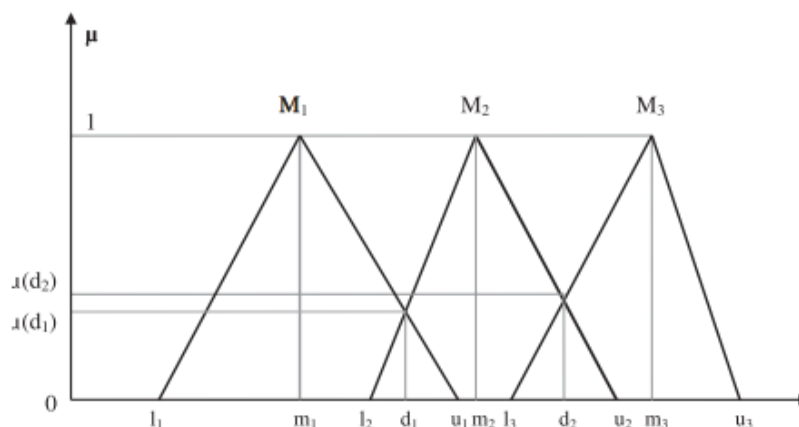
اگر آیتم های i و $u_1 < l_2, \dots, l_i$ پس همان مورد یافت می شود و

$$W = (0, w_2, w_3, \dots, w_n)^T \quad \text{where } w_2, w_3, \dots, w_n \quad (10)$$

اعضای غیر صفر است.

این امر محتمل است که دارای بیش از یک آیتم باشیم که دارای اوزانی برابر با صفر است. در چنین موردی که بیش از یک عدد فازی وجود دارد این اعداد بصورتی برابر رتبه بندی می شوند. از منظر FANP این بدان معناست که برخی از جایگزین ها بطور نادرست معادل در نظر گرفته می شوند.

مورد ۲: در مورد ۱ هر عدد فازی حداقل با یک عدد فازی متقاطع می شود. در این مورد فرض می کنیم که برخی اعداد فازی کلا متقاطع نمی شوند همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل 2. اعداد فازی که نیاز است رتبه‌بندی شود (مورد ۱).

درجه امکانپذیری $(M_1 = (l_1, m_1, u_1)) \geq (M_2 = (l_2, m_2, u_2))$ تعریف می‌شود بعنوان

$$V(M_1 \geq M_2) = \mu(d_1) \quad (11)$$

و

درجه امکانپذیری $(M_1 = (l_1, m_1, u_1)) \geq (M_3 = (l_3, m_3, u_3))$ تعریف می‌شود بعنوان

$$V(M_1 \geq M_3) = 0 \text{ as } u_1 < l_3 \quad (12)$$

$$\text{Then } d(A_1) = \min(\mu(d_1), 0) = 0 \quad (13)$$

درجه امکانپذیری $(M_2 = (l_2, m_2, u_2)) \geq (M_1 = (l_1, m_1, u_1))$ تعریف می‌شود بعنوان

$$V(M_2 \geq M_1) = 1 \quad (14)$$

و

درجه امکانپذیری $(M_2 = (l_2, m_2, u_2)) \geq (M_3 = (l_3, m_3, u_3))$ تعریف می‌شود بعنوان

$$V(M_2 \geq M_3) = 0 \text{ as } u_2 < l_3 \quad (15)$$

پس

$$\text{Then } d(A_2) = \min(1, 0) = 0 \quad (16)$$

بردار وزن داده شده است توسط

$$W' = (d(A_1), d(A_2), d(A_3))^T \quad (17)$$

پس

$$\text{Then } W' = (0, 0, 1)^T \quad (18)$$

از طریق عادی‌سازی بردار وزن عادی‌سازی شده عبارت است از

$$W = (0, 0, 1)^T \quad (19)$$

اگر آیت‌های i و $l_i > u_1, u_2, \dots, u_{i-1}$ وجود داشته باشد پس همان مورد یافت می‌شود و

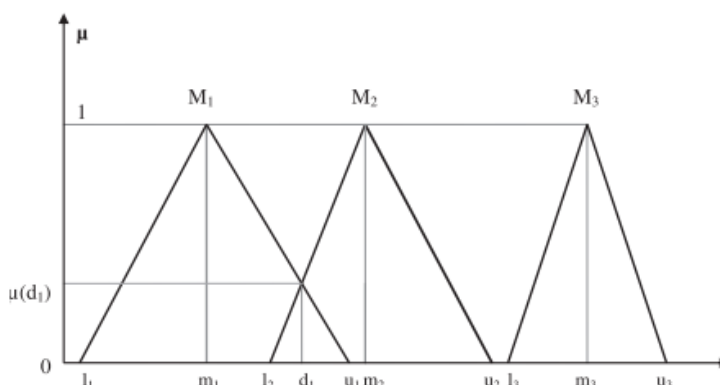
$$W = (0, 0, \dots, 1)^T. \quad (20)$$

بنابراین با استفاده از ANP سه‌گوش فازی تنها یک آیت‌م است که دارای وزنی برابر با ۱ است در حالی که سایر آیت‌ها بشکل نادرستی برابر با ۰ هستند.

در نتیجه با استفاده از بحث فوق می‌توان ذکر کرد روشن است که اعداد فازی سه‌گوش و حتی اعداد ذوزنقه‌ای دارای معایب جدی هستند زمانی که بعنوان مقادیر اولویتی استفاده می‌شوند.

5.3. مدل ارائه شده

مدل ارائه شده به منظور غلبه بر مسئله اعضای فازی سه‌گوش به جاگذاری آنها توسط اعداد فازی گاوسی بستگی دارد. واضح است که تعری اعضای فازی گاوسی در طول قیاس ترجیحی منتج به تقاطع واقعی بین هر



شکل 3. اعضای فازی لازم است تا رتبه‌بندی شوند (مورد ۲)

جدول 3. جدول ترجیح: μ = عدد کریسپ و $\sigma = 0.5$.

Linguistic variable	Crisp no.	Triang(x, a, b, c)	Gaussian(x, μ, σ)
Equally preferred (EP)	1	Triang($x, 1, 1, 1$)	Gaussian($x, 1, 0.5$)
Equally to Weakly preferred (EWP)	2	Triang($x, 1.5, 2, 2.5$)	Gaussian($x, 2, 0.5$)
Weakly preferred (WP)	3	Triang($x, 2.5, 3, 3.5$)	Gaussian($x, 3, 0.5$)
Weakly to Moderately preferred (WMP)	4	Triang($x, 3.5, 4, 4.5$)	Gaussian($x, 4, 0.5$)
Moderately preferred (MP)	5	Triang($x, 4.5, 5, 5.5$)	Gaussian($x, 5, 0.5$)
Moderately to strongly preferred (MSP)	6	Triang($x, 5.5, 6, 6.5$)	Gaussian($x, 6, 0.5$)
Strongly preferred (SP)	7	Triang($x, 6.5, 7, 7.5$)	Gaussian($x, 7, 0.5$)
Strongly to very strongly preferred (SVP)	8	Triang($x, 7.5, 8, 8.5$)	Gaussian($x, 8, 0.5$)
Very strongly preferred (VP)	9	Triang($x, 8.5, 9, 9.5$)	Gaussian($x, 9, 0.5$)
Very strongly to extremely preferred (VEP)	10	Triang($x, 9.5, 10, 10.5$)	Gaussian($x, 10, 0.5$)
Extremely preferred (XP)	11	Triang($x, 10.5, 11, 11.5$)	Gaussian($x, 11, 0.5$)

عدد و تمامی اعداد دیگر می‌شود. این موجب حذف مسئله دستیابی به برخی از جایگزین‌ها می‌شود که دارای همان رتبه‌بندی است و در نتیجه بصورت متعادلی قلمداد می‌شود. در نتیجه پس از نشان دادن این ایده یک جدول ترجیحی تغییر یافته‌ای را ارائه می‌کنیم همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است که در آن اعداد فازی گاوسی را برای جدول قیاسی یازده نقطه معرفی می‌کنیم. لازم به ذکر است که مراکز (μ 's) از مقادیر ترجیحی گاوسی بایستی همان مقادیر قیاسی ترجیحی باشد. با اینحال عروض (σ 's) می‌تواند بصورتی آزادانه با توجه به مقادیر موجود عدم قطعیت فرض شود.

توابع گاوسی دارای این مزایا هستند که تماماً با استفاده از دو پارامتر یعنی مرکز (μ) و عرض (σ) تعیین می‌شوند و مقدار آن هرگز برابر با صفر (در محدوده مقادیر قیاس درصدی) نیست. در نتیجه تقاطع بایستی بین هر عدد فازی و سایر اعداد دیگر وجود داشته باشد. در این مورد معایب عدد سه‌گوش فازی فائق و چیره می‌شود. تعریف تابع گاوسی به شرح زیر است:

$$\text{Gaussian}(x : \mu, \sigma) = \exp \left[\frac{-(x - \mu)^2}{\sigma^2} \right] \quad (21)$$

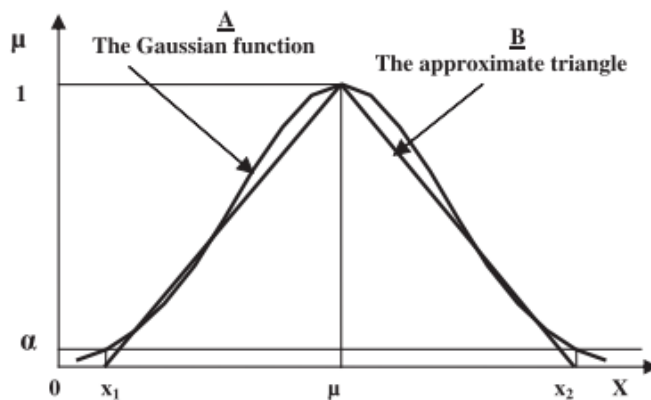
در هر سطح α همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است این نشان داده میشود که:

$$\alpha = \exp \left[\frac{-(x - \mu)^2}{\sigma^2} \right] \quad (22)$$

$$x_1 = \mu - \sigma \times \sqrt{-\ln(\alpha)} \text{ and} \quad (23)$$

$$x_2 = \mu + \sigma \times \sqrt{-\ln(\alpha)} \quad (24)$$

روشن است تا زمانی که سطح α به اندازه کافی کوچک باشد پس این امر امکانپذیر است که تقریب سه گوش فازی خوبی از $G(x, \mu, \sigma)$ توسط $T(x, x_1, \mu, x_2)$ به دست آید. نظر به این که تقریب برای انجام عملیات فازی جهت دستیابی به S_i مناسب است همانطور که



شکل 4. تابع فازی \cong و سه گوش تقریب شده آن \cong .

در معادله (۲۵) نشان داده شده است. زمانی که S_i آن را بعنوان اعضای فازی سه گوش بدست می آوریم پس می توان به مرحله قبل یعنی انجام رتبه بندی مرحله بازگشت.

برای مثال فرض کنید که $\sigma = 0.5$ و $\alpha = 0.1$ پس

$$x_2 = \mu + 0.76 \quad \text{و} \quad x_1 = \mu - 0.76$$

مراحل روش anp فازی تغییر یافته (FANP) به شرح زیر نشان داده می شود:

فرض کنید G_{ij} عناصر ماتریس ترجیحی پس از انجام

مرحله ۱: تقریب سه گوش اشد در نتیجه:

$$S_i = \frac{\sum_j G_{ij}}{\sum_i \sum_j G_{ij}} \quad (25)$$

$$= \frac{\sum_j (l_i, m_i^j, u_i)}{\sum_i \sum_j (l_i, m_i^j, u_i)} \quad (26)$$

که در آن

$$l_i \cong m_i^j - \sigma_i^j \sqrt{-\ln(\alpha)} \quad (27)$$

$$u_i^j \cong m_i^j + \sigma_i^j \sqrt{-Ln(\alpha)} \quad (28)$$

برای مثال فرض کنید $\alpha = 0.001$

$$S_i = \frac{(\sum_j l_i^j, \sum_j m_i^j, \sum_j u_i^j)}{(\sum_i \sum_j l_i^j, \sum_i \sum_j m_i^j, \sum_i \sum_j u_i^j)} \quad (29)$$

$$= \left(\frac{\sum_j l_i^j}{\sum_i \sum_j l_i^j}, \frac{\sum_j m_i^j}{\sum_i \sum_j m_i^j}, \frac{\sum_j u_i^j}{\sum_i \sum_j u_i^j} \right) \quad (30)$$

$$\sum_j l_i^j = \sum_j m_i^j - \sum_j \sigma_i^j (\sqrt{-Ln(\alpha)}) \quad (31)$$

$$\sum_j u_i^j = \sum_j m_i^j + \sum_j \sigma_i^j (\sqrt{-Ln(\alpha)}) \quad (32)$$

$$\sum_i \sum_j l_i^j = \sum_i \sum_j m_i^j - \sum_i \sum_j \sigma_i^j (\sqrt{-Ln(\alpha)}) \quad (33)$$

$$\sum_i \sum_j u_i^j = \sum_i \sum_j m_i^j + \sum_i \sum_j \sigma_i^j (\sqrt{-Ln(\alpha)}) \quad (34)$$

که در آن

$$m_{s_i} = \frac{\sum_j m_i^j}{\sum_i \sum_j m_i^j} \quad (35)$$

$$x_{s_i}^L = \frac{\sum_j l_i^j}{\sum_i \sum_j l_i^j} \quad (36)$$

$$x_{s_i}^R = \frac{\sum_j u_i^j}{\sum_i \sum_j u_i^j} \quad (37)$$

اکنون S_i به عدد فازی گاوسی (البته با فرض در این حالت) بر می‌گردد که به شرح زیر است:

$$\sigma_{s_i}^L = \frac{m_{s_i} - x_{s_i}^L}{\sqrt{-Ln(\alpha)}} \quad (38)$$

$$\sigma_{s_i}^R = \frac{x_{s_i}^R - m_{s_i}}{\sqrt{-Ln(\alpha)}} \quad (39)$$

که در آن $\sigma_{s_i}^L$ عرض شاخه سمت چپ از عدد فازی گاوسی است و $\sigma_{s_i}^R$ عرض شاخه عدد فازی گاوسی سمت راست است.

حالا S_i یک عدد فازی متقارن به شرح زیر می‌شود:

$$\mu_{S_i}(x) = \begin{cases} \exp \left[-\left(\frac{x-m_{S_i}}{\sigma_{S_i}^L} \right)^2 \right] & \text{if } x \leq m_{S_i} \\ \exp \left[-\left(\frac{x-m_{S_i}}{\sigma_{S_i}^R} \right)^2 \right] & \text{if } x > m_{S_i} \end{cases} \quad (40)$$

مرحله ۲:

فرض کنید $\mu_1(x)$ و $\mu_2(x)$ دو عدد فازی گاوسی دارای فرمهای زیر باشند:

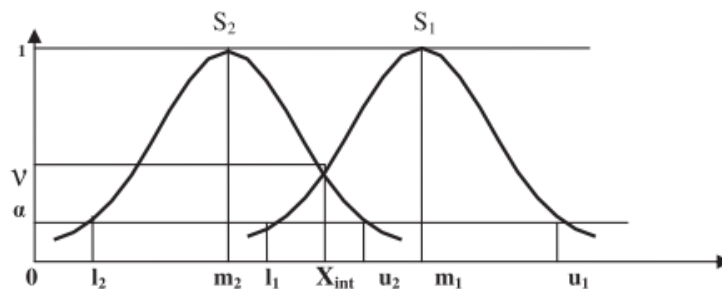
$$\mu_{S_1}(x) = \begin{cases} \exp \left[-\left(\frac{x-m_{S_1}}{\sigma_{S_1}^L} \right)^2 \right] & \text{if } x \leq m_{S_1} \\ \exp \left[-\left(\frac{x-m_{S_1}}{\sigma_{S_1}^R} \right)^2 \right] & \text{if } x > m_{S_1} \end{cases}, \quad (41)$$

۹

$$\mu_{S_2}(x) = \begin{cases} \exp \left[-\left(\frac{x-m_{S_2}}{\sigma_{S_2}^L} \right)^2 \right] & \text{if } x \leq m_{S_2} \\ \exp \left[-\left(\frac{x-m_{S_2}}{\sigma_{S_2}^R} \right)^2 \right] & \text{if } x > m_{S_2} \end{cases} \quad (42)$$

نقطه متقاطع بین دو تابع گاوسی در شکل ۵ نشان داده شده است.

$$v = \begin{cases} \exp \left[-\left(\frac{(m_{S_2}-m_{S_1})}{(\sigma_{S_1}^L + \sigma_{S_2}^R)} \right)^2 \right] & \text{if } m_{S_1} > m_{S_2} \\ \exp \left[-\left(\frac{(m_{S_2}-m_{S_1})}{(\sigma_{S_1}^R + \sigma_{S_2}^L)} \right)^2 \right] & \text{if } m_{S_1} < m_{S_2} \end{cases} [35]. \quad (43)$$



شکل ۵. نقطه متقاطع بین دو تابع گاوسی.

درجه امکانپذیری $S_2 = \mu_{S_2}(x) \geq S_1 = \mu_{S_1}(x)$ تعریف می‌شود بعنوان

$$V(S_2 \geq S_1) = \text{hgt}(S_1 \cap S_2) = \mu_{S_2}(x_{\text{int}}) \quad (44)$$

$$V(S_2 \geq S_1) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_{S_2} \geq m_{S_1}, \\ \exp \left[-\left(\frac{m_{S_2} - m_{S_1}}{\sigma_{S_2}^R + \sigma_{S_1}^L} \right)^2 \right] & \text{if } m_{S_2} < m_{S_1} \end{cases} \quad (45)$$

که در آن x_{int} بعد قائم یا عرض نقطه تقاطع درونی بین $\mu_{S_1}(x)$ و $\mu_{S_2}(x)$ است. برای مقایسه S_1 و S_2 مقادیر هر دو $V(S_1 \geq S_2)$ و $V(S_2 \geq S_1)$ شرط است.

درجه امکانپذیری برای یک عدد فازی گاوسی S_i بزرگتر از اعداد فازی k گاوسی $S_i (i = 1, 2, \dots, k)$ می‌شود که تعریف می‌شود توسط

$$\begin{aligned} V(S > S_1, S_2, \dots, S_k) &= V[(S > S_1) \text{ and } (S \\ &> S_2) \text{ and } \dots \text{ and } (S > S_k)] = \min V(S > S_i), \quad i \\ &= 1, 2, 3, \dots, k. \end{aligned} \quad (46)$$

فرض کنید که

$$d(A_i) = \min V(S_i > S_j) \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, n; \quad j \neq i. \quad (47)$$

پس بردار وزن داده شده است توسط

$$W' = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T, \quad (48)$$

که در آن $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ عناصر n است.

مرحله ۴:

از طریق عادیسازی بردار وزن عادی‌سازی شده عبارت است از

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T, \quad (49)$$

که در آن

$$\text{where } d(A_i) = \frac{d(A_i)}{\sum_i d(A_i)} \quad (50)$$

این اوزان اولویتی مورد نیاز از یک جایگزین در بین سایر جایگزین‌ها را می‌دهد

6. نتایج تجربی و بحث

ضروری است تا جایگزین‌های A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 را در طول معیار C_1, C_2, C_3, C_4 رتبه‌بندی نمود. با توجه به شکل ۱ ماتریس‌های اولویتی مربوط به زبان شناختی از گره‌های مختلف معیار در جداول ۴ تا ۹ نشان داده شده است. از سوی دیگر ماتریس‌های وابستگی دورنی با توجه به گره‌های مختلف معیار در جدول ۱۰ نشان داده شده است. وابستگی دورنی بین عوامل در شکل ۶ نشان داده شده است.

$$w_1 = \begin{bmatrix} \text{Operation} \\ \text{Economic} \\ \text{Health} \\ \text{Sources} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30 \\ 0.27 \\ 0.23 \\ 0.20 \end{bmatrix} \quad (51)$$

جدول 4 ماتریس ارزیابی با توجه به هدف

	Risk	Cost
Risk	EP	WMP
Cost		EP

جدول 5 ماتریس ارزیابی با توجه به ریسک

	Operation	Economic	Health	Sources
Operation	EP	WMP	EWP	WP
Economic		EP	EWP	EWP
Health			EP	EP
Sources				EP

جدول 6 ماتریس ارزیابی با توجه به ریسک عملیات

	Coal	Oil	Nuclear	Gas	Solar	Wind
Coal	EP					
Oil	WMP	EP	EP			
Nuclear	EWP		EP			
Gas	WP	EWP	EWP	EP		
Solar	MP	WP	EWP	EWP	EP	
Wind	WMP	WP	EWP	EWP	EWP	EP

جدول 7 ماتریس ارزیابی با توجه به ریسک اقتصادی

	Industry	Transportation	Convenient
Industry	EP	EP	EP
Transportation		EP	EP
Convenient			EP

جدول 8 ماتریس ارزیابی با توجه به ریسک بهداشتی

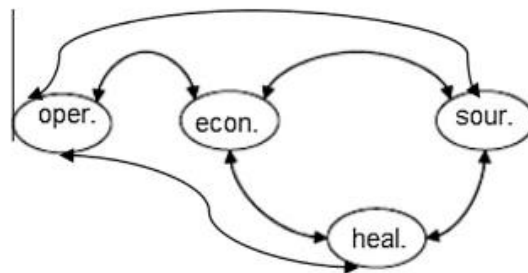
	Hospitals	Accidents	Thefts	Corr. Eating
Hospitals	EP	WP	EWP	EWP
Accidents		EP	WP	EWP
Thefts			EP	EP
Corr. eating				EP

جدول 9 ماتریس ارزیابی با توجه به ریسک منابع

	Coal	Oil	Nuclear	Gas	Solar	Wind
Coal	EP					
Oil	EWP	EP				
Nuclear	WP	EWP	EP			
Gas	WP	EWP	EWP	EP		
Solar	MP	WMP	WP	EWP	EP	EP
Wind	MP	WMP	WP	EWP		EP

جدول 10 ماتریس وابستگی های درونی

Operation (Op.)	Economic (Ec.)			Health (Hel.)			Sources (Src.)		
	Ec.	Hel.	Src.	Op.	Hel.	Src.	Op.	Ec.	Src.
Ec.	EP	EP		Op.	EP	EWP	Op.	EP	EWP
Hel.		EP		Hel.	EWP	EP	Ec.	EWP	EP
Src.	EWP	EWP	EP	Src.		EP	Src.		EP



شکل 6. وابستگی درون بین عوامل

6.1. ارتباط درونی

$$W_2 = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.33 & 0.33 & 0.33 \\ 0.25 & 1.00 & 0.48 & 0.48 \\ 0.25 & 0.48 & 1.00 & 0.19 \\ 0.50 & 0.19 & 0.19 & 1.00 \end{bmatrix} \quad (52)$$

$$V_{\text{factors}} = W_2 * w_1 = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.33 & 0.33 & 0.33 \\ 0.25 & 1.00 & 0.48 & 0.48 \\ 0.25 & 0.48 & 1.00 & 0.19 \\ 0.50 & 0.19 & 0.19 & 1.00 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.30 \\ 0.27 \\ 0.23 \\ 0.20 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.27 \\ 0.28 \\ 0.23 \\ 0.22 \end{bmatrix} \quad (53)$$

نمونه ای از قیاس‌های دوتایی بین جایگزین‌های Alt.#1 و Alt.#2 و Alt.#3 بر روی معیار در جدول ۱۱ داده شده است.

6.2. جایگزین‌ها

پس بردار کلی وزن اولویتی عادی سازی شده از جایگزین‌ها به شرح زیر بدست می‌آید:

$$W = [0.25, 0.33, 0.42]^T, \quad (54)$$

7. نتیجه‌گیری‌ها

در مدل ارائه شده این امر امکان‌پذیر است که از مزایای هر دو داری ارزش فیکس شده و بازه زمانی سود برد. می‌توان از معایب ناشی از هر دوی آنها اجتناب کرد. مدل GFANP داوری‌های تخصصی درباره انعطاف‌پذیری را با استفاده از مقادیر بازه زمانی در ماتریس‌های ترجیحی آنها بجای مقادیر ترد ارائه می‌کند. اعداد فازی گاوسی بجای اعداد سه گوش مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از آنها مورد اوزان صفر هرگز وجود نخواهد داشت. به تصمیم‌گیرندگان در دولت مصر توصیه می‌کنیم که ایستگاه‌های nuclear قدرتمندتری را بسازند تا بتواند ۲۵ درصد از برق تولید شده در مصر را تحت پوشش قرار دهد. همچنین سفارش ما به آنها این است که ایستگاه برق خورشیدی را بسازند تا ۵ درصد از برق تولید شده را پوشش دهد.

References

- [1] Chen M, Linkens D. A systematic neuro-fuzzy modeling framework with application to material property prediction. *IEEE Trans Syst Manuf Cybern Part B* 2001;31(5):781–90.
- [2] Wu S, Er M, Gao Y. A fast approach for automatic generation of fuzzy rules by generalized dynamic fuzzy neural networks. *IEEE Trans Fuzzy Syst* 2001;9(4):578–94.
- [3] Chan F, Kumar N. Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. *Omega* 2007;35:417–31.
- [4] Erginel N, Senturk S. Ranking of the GSM operators with fuzzy ANP. In: *Proceedings of the world congress on engineering, vol.II, 2011.*
- [5] Yuksel I, Dagdeviren M. Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis – a case study for a textile firm. *Inform Sci* 2007;177:3364–82.
- [6] Electrical power in Egypt. [last visit 10.12].
- [7] Iwamoto S, Tsurusaki K, Fujita T. Conditional decision-making in fuzzy environment. *J Oper Res Soc Jpn* 1999;42(2):198–218.
- [8] Turksen I. Operations research and management science applications of fuzzy theory. *Chem Comput Simul, Butlerov Commun* 2001:45–8 [in Russia].
- [9] Zadeh L. Fuzzy sets. *Informat Control* 1965;8:338–53.
- [10] Zadeh L. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Trans Syst Man Cybernet* 1975;3(1):43–80.
- [11] Zadeh L. Quantitative fuzzy semantics. *Inform Sci* 1971;3:159–76.
- [12] Saaty T. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *J Math Psychol* 1977;15:234–81.
- [13] Saaty T. Priority setting in complex problems. *IEEE Trans Eng Manag* 1983;EM-30(3):140–55.
- [14] Saaty T. *Decision making for leaders: the analytical hierarchy process for decisions in a complex world.* Belmont (MA): Wadsworth; 1982.
- [15] Saaty T. How to make a decision: the analytic decision process. *Interfaces* 1994;24(6):19–43.
- [16] The analytic hierarchy process (AHP) for decision making. [last visit 10.12].
- [17] McBride J. Analytical hierarchy process (AHP). [last visit 10.12].
- [18] Lee H, Lee S, Lee T, Chen J. A new algorithm for applying fuzzy set theory to evaluate the rate of aggregative risk in software development. *Inform Sci* 2003;153:177–97.
- [19] Chang D. *Extent analysis and synthetic decision. Optimization techniques and applications, vol. 1.* Singapore: World Scientific; 1992, p. 352.
- [20] Laarhoven V, Pedrycz W. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy Sets Syst* 1983;11:229–41.
- [21] Cheng C, Mon D. Evaluating weapon system by analytical hierarchy process based on fuzzy scales. *Fuzzy Sets Syst* 1994;63:1–10.
- [22] Cheng C. Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function. *Eur J Oper Res* 1996;96:343–50.
- [23] Kuo R, Chi S, Kao S. A decision support system for locating convenience store through fuzzy AHP. *Comput Ind Eng* 1999;37:323–6.
- [24] Altinoz C. *Supplier selection in textiles: a fuzzy approach.* Ph.D. thesis. North Carolina State University, Raleigh, USA, 2001.
- [25] Kahraman C, Cebeci U, Ulukan Z. Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logist Inform Manag* 2003;16(6):382–94.
- [26] Haq A, Kannan G. Fuzzy analytical hierarchy process for evaluating and selecting a vendor in a supply chain model. *Int J Adv Manuf Technol* 2006;29:826–35.
- [27] Kahraman C, Cebeci U, Ruan D. Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: the case of Turkey. *Int J Prod Econ* 2004;87:171–84.
- [28] Dagdeviren M, Yuksel I, Kurt M. A fuzzy analytic network process (ANP) model to identify faulty behavior risk (FBR) in work system. *Safe Sci* 2008;46:771–83.

- [29] Ravia V, Shankara R, Tiwarib M. Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach. *Comput Ind Eng* 2005;48:327–56.
- [30] Ramik J. A decision system using ANP and fuzzy inputs. *Int J Innov Comput Inform Control* 2007;3(4):825–37.
- [31] kaur P, Mahanti N. A fuzzy ANP-based approach for selecting ERP vendors. *Int J Soft Comput* 2008;3(1):24–32.
- [32] Wu C, Chang C, Lin H. A fuzzy ANP-based approach to evaluate medical organizational performance. *Inform Manage Sci* 2008;19(1):53–74.
- [33] Rafiei H, Rabbani M. Order partitioning in hybrid MTS/MTO contexts using fuzzy ANP. *World Acad Sci Eng Technol* 2009;58.
- [34] Rouyendegh B, Erol S. The DEA – fuzzy ANP department ranking model applied in Iran Amirkabir University. *Acta Polytech Hungarica* 2010;7(4).
- [35] Hefny H. Comments on “Distinguishability quantification of fuzzy sets”. *Inform Sci* 2007;177:4832–9.