# تحلیل سلسله مراتبی تکنولوژی ابررسانایی بر مبنای داده های فازی جهت مدیریت و بومی‌سازی تکنولوژی

حمیدرضا فیلی[۱]، محمد ایرانشاهی[۲]، کریم رهنما[۳] . فرامرز شفیع زاده[۴]
[۱] استادیار، مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
[۲،۳،۴] کارشناسی ارشد، مدیریت تکنولوژی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

## چکیده

ابررسانایی پدیده ای است کوانتومی که به بررسی رفتار برخی از مواد در دماهای بسیار پایین می پردازد. حالتی که در آن با طرد میدان مغناطیسی توسط ماده، خاصیت مقاومت الکتریکی آن از بین رفته و هدر رفت انرژی در آن به سمت صفر میل می‌کند. در این پژوهش سعی بر این است تا ضمن تحلیل و واکاوی این پدیده و نیز بررسی شرایط گذار به حالت ابررسانایی، به انواع حالات ابررسانایی و نظریه های موجود در این زمینه پرداخته شود. در ادامه با استفاده از روش تصمیم گیری سلسله مراتبی و بررسی این پدیده در مقابل رساناهای کامل و نیمه رساناها پرداخته می‌شود، تا تمامی جوانب مثبت و منفی پیشرفت به سمت استفاده‌ی جهان شمول از این تکنولوژی مورد کنکاش قرار گیرد. از آنجایی که در فرایند تصمیم‌گیری جامع الاطراف با داده‌های کمی و مبهم مواجه بوده، ناگزیر از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، بمنظور نیل به تصمیم گیریی کارآ استفاده می‌گردد. سپس با نگرش مدیریت تکنولوژی‌های نوین، به تحلیل قابلیت‌های اجرایی و اقتصادی بودن این روش پرداخته تا مبنایی به دست‌یابی و بومی‌سازی تکنولوژی ابررسانایی گردد.

**واژگان کلیدی: ابررسانایی، مدیریت تکنولوژی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، داده‌های فازی**

Archive of SID



www.SID.ir

**مقدمه**

در سال ۱۹۱۱ ، اچ کمرلینگ آنس۱ هنگام کار کردن در آزمایشگاه دمای پایین خود کشف کرد که در دمای چند درجه بالای صفر مطلق، جریان الکتریسیته می تواند بدون هیچ اتلاف اختلاف پتانسیل در فلز جیوه جریان پیدا کند. او این واقعه ی منحصر به فرد را ابررسانایی۲ نامید. هیچ نظریه ای برای توضیح این رخداد در طول پنجاه و شش سال بعد از کشف ارائه نگردید. تا وقتی که در ۱۹۵۷ ، در دانشگاه الینویس ، سه فیزیکدان به نام های جان باردن۳ ، لئون کوپر۴ و رابرت اسچریفر۵ نظریه ی میکروسکوپی خود ارائه کردند که بعدا با نام تئوری BCS (حروف ابتدایی نام محققان ) شناخته شد. سومین رخداد مهم در تاریخ ابررسانایی در سال ۱۹۸۶ اتفاق افتاد، وقتی که جرج بدنرز۶ و الکس مولر۷ در حال کار کردن در آزمایشگاه IBM نزدیک شهر زوریخ سوئیس، کشف مهم دیگری کردند : ابررسانایی در دماهای بالاتر از دماهایی که قبلا برای ابررسانایی شناخته شده بودند در فلزاتی کاملا متفاوت از آنچه قبلا فلز ابررسانا شناخته می شود. این کشف باعث ایجاد زمینه ی جدید ی در علم فیزیک شد : مطالعه ابررسانایی دمای بالا. کشف ابررسانایی در دماهای بالاتر در سال ۱۹۸۶ ، در موادی که تقریبا ضد فرو مغناطیسی بودند فصل جدیدی در علم فیزیک باز کرد. حقیقتا، درک ظاهر شدن ابررسانایی در دماهای بالا (حداکثر دمای ۱۶۰ کلوین) یک مساله ی بزرگ برای بحث کردن می باشد. تا آن جا که امروزه بیش از ده هزار محقق روی این موضوع تحقیق و بررسی انجام می دهند.

در این مقاله سعی بر این است تا ضمن ارائه شرح مختصری از پدیده ابررسانایی و نیز ذکر کاربردها و خواص اصلی آن ، به بررسی تحلیلی انتخاب این تکنولوژی در مقایسه با سایر بدیل های موجود و نیز با درنظر گرفتن تمامی نقاط مثبت و منفی آن پرداخته شود و در این راستا از روش تحلیل سلسله مراتبی با استفاده از متغیرهای فازی استفاده خواهد شد. همچنین در پایان با بحث در مورد شرایط انتقال تکنولوژی و بومی‌سازی آن، از دید یک مدیر تکنولوژی های نوین، زیرساخت های لازم جهت استفاده از این تکنولوژی مورد نقد قرار خواهد گرفت.

## شرح کاربردها و خواص

ابررساناهای دمای پایین، امروزه در ساخت آهنرباهای ویژه طیف سنج‌های رزونانس مغناطیسی هسته، رزونانس مغناطیسی برای مقاصد تشخیص طبی، شتاب دهنده ذره‌ها، ترنهای سریع مغناطیسی و انواع ابزارهای رسانایی الکترونیکی بکار می‌رود. آهنرباهای ابررسانا از قوی‌ترین آهنرباهای الکتریکی موجود در جهان هستند. از آن‌ها در قطارهای سریع السیر برقی و دستگاه‌های MRI و NMR و هدایت کردن ذرات در شتاب دهنده‌ها استفاده می‌شود. همچنین می‌توان به عنوان جدا کننده‌های مغناطیسی در جاهایی که ذرات مغناطیسی ضعیف خارج می‌شود مثلا در صنایع رنگ سازی استفاده شود. همچنین از ابررساناها در مدارات دیجیتالی نیز استفاده می‌شود به عنوان مثال در ایستگاه های RF و موبایل در ایستگاههای امواج ماکروویو. یک کاربرد آرمانی برای ابررساناها، استفاده از آن ها در انتقال قدرت به شهرهاست. اگرچه به خاطر قیمت بالا و نشدنی بودن سرد سازی مایل ها سیم ابررسانا برای رسیدن به دماهای بسیار پایین، این کار تا به حال تنها در اندازه آزمایش باقی مانده است.

مهترین کاربرد ابررسانا های دمای بالا، در زمینه ساخت آی سی های خیلی سریع می باشد که تحول بزرگی در فناوری اطلاعات ایجاد می کند و می‌توان آن را با اختراع ترانزیستور ها مقایسه کرد. از کاربرد های دیگر ابررساناها با در نظر گرفتن

---

۱ H. Kamerlingh-Onnes
۲ Superconductivity
۳ John Bardeen
۴ Leon Cooper
۵ Robert Schrieffer
۶ George Bednorz
۷ Alex Mueller



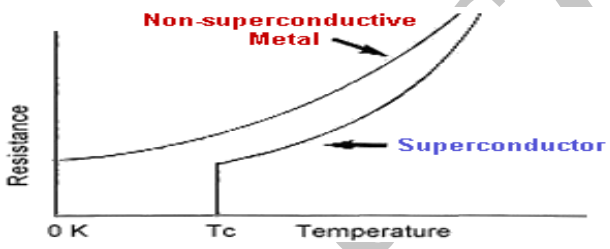
Archive of SID
www.SID.ir

حساسیتشان به میدان مغناطیسی در اکتشافات معدنی، زمین شناختی و ردیابی زیردریایی ها می توان استفاده کرد و همچنین در ساخت قطار هایی که با استفاده از خاصیت میدان مغناطیسی قطار را بالاتر از سطح زمین و بدون اصطکاک با ریل به حرکت درمی آورد. این قطار ها می توانند در کمتر از ۱ ساعت مسافتی بیش از ۵۰۰ کیلومتر را بپیمایند. در خطوط انتقال نیرو با در نظر گرفتن اینکه بتوان ابر رسانا ها را سرد نگه داشت ، در حدود ۸۰ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی می‌شود. همچنین در وسایل پزشکی و تحقیقاتی نیز کاربرد دارد.

مهمترین خواص ابررساناها را می‌توان اینگونه عنوان نمود:

۱. مقاومت تقریبا صفر و توانایی عبور چگالی جریان بالا. رسانایی که مقاومت تقریبا صفر دارد در زمینه تولید و انتقال انرژی تاثیر بسزایی دارد و باعث صرفه جویی در مصرف انرژی می شود. همچنین باعث افزایش چگالی جریان می شود، البته باید توجه داشت که افزایش چگالی جریانی بیش از حد معینی باعث افزایش مقاومت می شود.

**شکل۱. نمودار مقاومت الکتریکی ابررساناها**




۲. ایجاد میدان مغناطیسی بسیار قوی. خاصیت ابررسانایی به سه فاکتور دما، شدت جریان عبوری و میدان مغناطیسی وابسته است. به طور مثال، در دمای خیلی پایین خاصیت ابر رسانای جسم ممکن است به دلیل میدان مغناطیسی قوی از بین برود، که به مقدار میدان مغناطیسی‌ای که در آن خاصیت ابر رسانایی از بین می رود میدان بحرانی گفته می‌شود.

## چشم‌اندازی به بومی‌سازی تکنولوژی

دسترسی سریع به تکنولوژیهای روز، بدون گذر از مسیر طولانی و پرهزینه ایجاد درون‌زای تکنولوژی، انگیزه اصلی کشورهای در حال توسعه در انتقال تکنولوژی بوده است. از این رو به عقیده برخی صاحب‌نظران سیاست صنعتی، کشورهای دیرصنعتی شده تا مدت قابل‌توجهی باید استراتژی تقلید یا یادگیری[۸] را جایگزین استراتژی اختراع[۹] و توسعه درون زا[۱۰] کنند. البته تقلید و یادگیری به معنی درک صحیح دانش فنی و تلاش در جهت جذب و توسعه تکنولوژی وارداتی است .هیونگ ساپچوی، معمار تکنولوژی کره جنوبی، دراین‌باره می‌گوید: ما با انجام پروسه تقلید و یادگیری عملی، به تدریج می‌توانیم روی تکنولوژیهای دریافت شده، نوعی نوآوری داشته باشیم. این همان پروسه‌ای است که ما از آن به عنوان تقلید نوآورانه[۱۱] یاد می‌کنیم. در کشور ما به ویژه در چند سال اخیر، انتقال تکنولوژی به عنوان مهم‌ترین راه کسب تکنولوژیهای مورد نیاز مدنظر قرار گرفته است .اما در فرایند انتقال تکنولوژی، اکثراً به خرید تجهیزات و حداکثر مستندات فنی اکتفا شده است و تقلید و یادگیری نوآورانه که جذب و بومی‌سازی تکنولوژیهای وارده را میسر می‌کند، مورد توجه قرار نگرفته است. مراکز تحقیق و توسعه می‌توانند اساسی‌ترین نقش را در جذب صحیح و بومی‌سازی تکنولوژیهای وارداتی بر عهده داشته باشند.

---

[۸] Imitation
[۹] Invention
[۱۰] Indigenous Development
[۱۱] Innovational Imitation



Archive of SID
www.SID.ir

### انطباق تکنولوژی (بومی‌سازی)

فرآیند پیونددادن تکنولوژی وارداتی با اهداف، شرایط، امکانات و نیازهای کشور واردکننده تکنولوژی، انطباق و یا اصطلاحاً بومی‌سازی تکنولوژی نامیده می‌شود. بومی‌سازی تکنولوژی از جنبه‌های مختلف از جمله، انطباق تکنولوژی انتقال‌یافته با منابع موجود در کشور گیرنده تکنولوژی (سرمایه، سطح دانش و مهارت نیروی انسانی، امکانات زیربنایی، مواد و انرژی، امکانات ساخت و امثالهم)، شرایط اقلیمی (آب و هوا، نوع خاک و غیره)، اهداف، سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی (اشتغال، نیاز بازار و غیره) و ارزش‌های اجتماعی کشور گیرنده مطرح است.

پیروی از استراتژی انتقال تکنولوژی در کشورهای در حال توسعه، خود مستلزم رعایت نکاتی است که بدون آن‌ها، نتیجه فرایند انتقال تکنولوژی این خواهد شد که کشورهای در حال توسعه به انبار تکنولوژیهای فرسوده، کم بازده، انرژی بر و آلوده‌کننده محیط‌زیست کشورهای توسعه‌یافته تبدیل شوند. برخی با تصور غلط از تکنولوژی، خرید تجهیزات و ماشین‌آلات و یا حتی مستندات فنی را انتقال تکنولوژی پنداشته‌اند؛ در نتیجه با وجود صرف هزینه‌های گزاف نتوانسته‌اند کوچک‌ترین نوآوری و یا تغییری در تکنولوژی خریداری‌شده اعمال کنند و با ظهور تکنولوژیهای جدید که محصول ارزان‌تر و باکیفیت‌تری نسبت به تکنولوژی واردشده به بازار عرضه می‌کنند متحمل خسارات فراوان شده‌اند.

### تحقیق و توسعه

این تصور که کشورهای در حال توسعه به تحقیق و توسعه نیازی ندارند و واردکردن تکنولوژی از کشورهای پیشرفته بسنده و کافی است، تصوری بی‌اساس است.امروزه بر خلاف گذشته که به دلیل ساده‌تر بودن فنّاوری‌ها و نیز ناآگاهی کشورهای در حال توسعه، انتقال تکنولوژی بدون بسترسازی داخلی کافی به نظر میرسید، برای بنگاهها و صنایع کشور خریدار، زمانی فرآیند کسب یک تکنولوژی خارجی با موفقیت به پایان میرسد که آن تکنولوژی از طریق جذب، قابل تولید مجدد باشد و به اصطلاح بومی شود .بنابراین یکی از عوامل بسیار تعیین کننده در فرآیند جذب، تحقیق و توسعه داخلی است. تکنولوژیهای انتقال یافته به وسیله تحقیق و توسعه و سرمایه گذاری بر روی آن، تعدیل، اصلاح، بهسازی و بومی میشوند به گونه ای که خود مولد تکنولوژیهای جدید می‌گردند. در غیر اینصورت تکنولوژیهای وارداتی در رفع نیازهای بومی مشکل گشا نخواهند بود و مشکلی بر مشکلات صنعتی کشور خواهند افزود.

بنابراین آنچه ضروری می‌نماید، گزینش راهبردی است که ترکیبی از انتقال تکنولوژی و توسعه مهارتهای بومی باشد، چرا که هیچ یک به تنهایی جایگزین کاملی برای دیگری نیست و انتقال تکنولوژی همراه با تحقیق و توسعه به صورت ثمربخشی می‌توانند مکمل یکدیگر برای فرآیند نوآوری باشند. پس برای مؤسسات مولد کشورهای در حال رشد که هدف باقی ماندن و کمال یافتن در عرصه بازار داخلی و خارجی را دنبال می نمایند، بهره گیری از این نتایج ضروری است:

- تحقیق و توسعه شرط لازم گزینش درست، جذب مؤثر و بکارگیری ثمربخش تکنولوژی خارجی است.
- تحقیق و توسعه داخلی، پیش شرط لازم جهت تعیین حد و اندازه سرمایه گذاری و گزینش نوع تکنولوژی در زمینه های مختلف صنعتی است.
- فعالیتهای تحقیق و توسعهای در افزایش توان رقابتی این شرکتها بسیار مؤثر است. بدین معنا که تنها با توسعه تکنولوژی از طریق تحقیق و توسعه، می‌توان به سطحی رسید که در بازار پرشتاب امروز توانمندی رقابت با دیگران ایجاد شود.

### روش تحقیق

پس از ذکر شرحی کوتاه در ارتباط با معرفی پدیده ابررسانایی و بیان محدودی از ویژگی ها و کاربردهای این پدیده ی مدرن و گسترده ، حال با دیدی منطقی و تحلیلی به بررسی شرایط تصمیم گیری در رابطه با انتخاب این بدیل بعنوان یک



Archive of SID
www.SID.ir

تکنولوژی مورد استفاده در کنار سایر بدیل های موجود پرداخته می‌شود و با استفاده از روشهای تحلیلی (که در ادامه به شرح آن پرداخته خواهد شد) معایب و مزایای هر حالت مورد بررسی قرار گرفته و در مورد آن تصمیم گیری صورت خواهد گرفت.

روشها و مدلهای موجود در زمینه انتخاب و ارزیابی بدیل ها شامل دو گروه کلی هستند:

۱- مدل های مسطح[۱۲]

۲- مدل های سلسله مراتبی[۱۳]

در مدلهای مسطح، ساختار به صورت یک سطحی بوده و تعریف تمامی معیارها در یک سطح صورت می پذیرد، ولی در مدلهای نوع دوم، معیارها بر مبنای اهمیت و یا سایر ویژگیها در سطوح مختلفی تعریف می شوند. یکی از معروف ترین مدلها در این زمینه که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است، روش AHP فازی گروهی[۱۴] است.

**مرور ادبیات**

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، یکی از معروفترین فنون تصمیم گیری چند شاخصه است که توسط توماس ال. ساعتی معرفی شده است. این روش هنگامی که عمل تصمیم گیری با چند گزینه و شاخص تصمیم گیری روبرو است، می تواند مفید باشد. اگر چه افراد خبره از شایستگی ها و توانایی های ذهنی خود برای انجام مقایسات استفاده می نمایند، اما باید به این نکته توجه داشت که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی سنتی، امکان انعکاس سبک تفکر انسانی را بطور کامل ندارد. به عبارت بهتر، استفاده از مجموعه های فازی، سازگاری بیشتری با توضیحات زبانی و بعضاً مبهم انسانی دارد و بنابراین بهتر است که با استفاده از مجموعه های فازی (بکارگیری اعداد فازی) به پیش بینی بلند مدت و تصمیم گیری در دنیای واقعی پرداخت. مدلهای بسیاری در زمینه AHP فازی توسط پژوهشگران مختلف ارایه شده است. در این روشها از مفاهیم فازی و سلسله مراتبی به صورت ترکیبی استفاده شده است. با توجه به اینکه ارایه قضاوتها به صورت کلامی برای تصمیم گیرندگان آسان تر از ارایه یک پاسخ به طور قطعی است، بنابراین استفاده از مفاهیم فازی در تصمیم گیریها از اهمیت بسیاری برخوردار شده است. به همین دلیل پژوهشهای بسیاری در سالهای اخیر در این زمینه انجام گرفته است.

در سال ۱۹۸۳ دو پژوهشگر هلندی به نامهای" لاهورن و پدریک" روشی را برای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی پیشنهاد کردند که بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی۱۵ بنا نهاده شده بود. میزان محاسبات و پیچیدگی مراحل این روش باعث شد مورد استقبال قرار نگیرد.

به رغم محبوبیت عام، AHP به دلیل ناتوانی در ترکیب ابهام ذاتی و نبود صراحت مربوط به نگاشت ادراکهای تصمیم گیرندگان با اعداد دقیق، مورد نقد است. منطق فازی که در برابر منطق کلاسیک مطرح شد، ابزاری توانمند برای حل مسائل مربوط به سامانه های پیچیده ای به شمار می آید که در آن‌ها مشکل و یا مسائلی وابسته به استدلال، تصمیم گیری و استنباط بشری است. پدیده های واقعی تنها سیاه یا تنها سفید نیستند، بلکه تا اندازه ای خاکستری هستند . پدیده های واقعی همواره فازی، مبهم و غیر دقیق هستند. برد توابع عضویت کلاسیک xA (x) مجموعه دو عضوی صفر و یک بوده در حالی که برد توابع عضویت فازی μÃ (x) ، بازه بسته صفر و یک است. نظریهٔ مجموعه های فازی، یک نظریه ریاضی طراحی شده برای مدل کردن ابهام فرایندهای وابسته به دانش بشری انسان است. تصمیم گیرنده می تواند آزادانه دامنه مقادیر مورد نظر را انتخاب کند .قضاوت مردد کارشناس را می توان با عدد فازی بیان کرد. بنابراین ، FAHP دامنه ای از مقادیر را برای بیان عدم قطعیت تصمیم گیرندگان، به کار می‌گیرد. در این روش برای مقایسه زوجی گزینه ها، از

---

[۱۲] Flat Model
[۱۳] Hierarchical Model
[۱۴] Group Fuzzy Analytic Hierarchy Process
[۱۵] Logarithmic Squares



Archive of SID
www.SID.ir

اعداد فازی و برای به دست آوردن وزن ها و برتری ها از روش میانگین هندسی استفاده می شود. چرا که این روش به سادگی به حالت فازی قابل تعمیم است و همچنین جواب یگانه ای برای ماتریس مقایسات زوجی تعیین می کند.

کاهرامان از یک روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای انتخاب بهترین تأمین کننده در یک کارخانه تولید محصول Turkish White، استفاده کرد. تصمیم گیرندگان می توانستند با استفاده از متغیرهای زبان شناختی فازی، ارجحیت و برتری را مطابق با اهمیت هر یک از معیارهای ارزیابی، تعیین کنند.

چان و کومار نیز از یک روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای انتخاب تأمین کننده، مشابه روش کاهرامان استفاده کردند. در این روش اعداد مورد استفاده اعداد مثلثی فازی بوده و از روش تحلیل توسعه ای برای تجزیه و تحلیل مقایسه های زوجی تصمیم گیرندگان و استخراج اوزان معیارها و گزینه هایی مختلف، استفاده شد. کتابی و حق شناس از روشAHP فازی برای انتخاب تأمین کننده شرکت ساینا استفاده کردند که در آن ۱۱ معیار و ۳ گزینه با استفاده از این روش، وزن دهی و اولویت بندی گردید. اوزجان کلینچی و سوزان اونال برای مسئله انتخاب تأمین کننده از روشی مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده کردند. این انتخاب بیشتر بر اصل رضایت مشتری حاکم بود. این تحقیق معیارهای ارزیابی را در ۳ بخش کلی در نظر گرفته است که هر بخش زیر معیار خاص خود را دارد. زیر معیارهای مربوط به خود تأمین کننده که ۷ معیار، زیرمعیارهای مربوط به عملکرد کالا که ۳ زیر معیار و زیر معیارهای مربوط به عملکرد خدمت رسانی که ۴ زیر معیار را شامل می شود.

## روش حل

این مقاله این روش را بر روی ۴ مولفه مهم (معیار) مرتبط با انتخاب و استفاده از تکنولوژی ابررسانایی پیاده سازی نموده است. معیارهایی که در چهار دسته ی کلی زیر دسته بندی شده‌اند و می‌توان معیارهای بسیار دیگری را در قالب زیرمعیار در ادامه ی رده بندی زیر عنوان نمود:

۱- هزینه (شامل تمامی هزینه های مرتبط با اجرای طرح و فراهم سازی زیرساخت های لازم)
۲- میزان سود ناشی از غلبه بر مقاومت الکتریکی و هدر رفت انرژی در تجهیزات
۳- ویژگی های فیزیکی محصولات تولید شده بر پایه ی این تکنولوژی (مانند حجم قطعات ، دانسیته ، ظرفیت گرمایی و ... )
۴- مسائل زیست محیطی

**جدول۱. شاخص های نهایی ارزیابی گزینه‌ها**

| | |
|---|---|
| C1 | هزینه (شامل تمامی هزینه های مرتبط با اجرای طرح و فراهم سازی زیرساخت های لازم) |
| C2 | میزان سود ناشی از غلبه بر مقاومت الکتریکی و هدر رفت انرژی در تجهیزات |
| C3 | ویژگی های فیزیکی محصولات تولید شده بر پایه ی این تکنولوژی (مانند حجم قطعات ، دانسیته ، ظرفیت گرمایی و ... ) |
| C4 | مسائل زیست محیطی |

لازم به توضیح است که انتخاب ملاک های فوق بر مبنای اطلاعات بدست آمده از مشورت با جمعی از اساتید محترم و کارشناسان متخصص در زمینه رشته برق (الکترونیک ، مخابرات ، قدرت و کنترل) و نیز صاحب‌نظران در حیطه های فیزیک و اقتصاد بوده است که در نهایت با جمع بندی نظرات کارشناسانه و سنجش سایر جوانب و مقایسه نمره های داده شده به هر معیار ، در قالب ۴ دسته ی فوق ترتیب بندی شده‌اند.



Archive of SID
www.SID.ir

پس از انتخاب ۴ معیار اصلی جهت انتخاب و یا عدم انتخاب این تکنولوژی ، گزینه‌های پیش رو ( استفاده از رساناهای فعلی در مقابل استفاده از فناوری ابررسانایی ) در مفایسه در مقایسه با هریک از معیارها و همچنین ماتریس مقایسه های زوجی معیارها نسبت به یکدیگر توسط تعدادی از خبرگان مورد بررسی و تصمیم گیری قرار خواهند گرفت.

اعداد فازی به دست آمده برای جداول، توسط روشAHP فازی به اوزان نهایی معیارها و گزینه ها تبدیل می شود . در انتها با استفاده از میانگین هندسی موزون، اوزان برای تمامی تصمیم گیرندگان ترکیب شده و رتبه بندی نهایی به دست می آید.

در روش AHP فازی ، هریک از تصمیم گیرندگان مقایسات زوجی خویش را با کاربرد عبارت های زبانی ایجاد می‌کنند که این عبارات بصورت اعداد فازی مثلثی M=(l , m, u) تبدیل میکردد. عملگرهای ریاضی در زبان فازی بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$M1+M2 = (l1 + l2, m1 + m2, u1 + u3) \quad (۱)$$

$$M1*M2 = (l1 * l2, m1 * m2, u1 * u3) \quad (۲)$$

$$M_1^{-1} = \left(\frac{1}{u1}, \frac{1}{m1}, \frac{1}{l1}\right) \qquad M_2^{-1} = \left(\frac{1}{u2}, \frac{1}{m2}, \frac{1}{l2}\right) \quad (۳)$$

**جدول ۲. اعداد فازی بکار رفته**

| عبارت زبانی | نسبت | عدد فازی |
|---|---|---|
| بینهایت بی اهمیت | ۱ به ۹ | (۰و۰/۰۵) |
| بی اهمیت بین نسبتهای ۱ به ۸ و ۱ به ۹ | ۱ به ۸ | (۰و۰/۰۵و۰/۱) |
| بسیار بسیار بی اهمیت | ۱ به ۷ | (۰/۰۵و۰/۱و۰/۱۵) |
| بی اهمیت بین نسبتهای ۱ به ۵ و ۱ به ۷ | ۱ به ٦ | (۰/۱۲۵و۰/۱۷۵و۰/۲۲۵) |
| بسیار بی اهمیت | ۱ به ۵ | (۰/۲و۰/۲۵و۰/۳) |
| بی اهمیت بین نسبت های ۱ به ۳ و ۱ به ۵ | ۱ به ٤ | (۰/۲۷۵و۰/۳۲۵و۰/۳۷۵) |
| نسبتا بی اهمیت | ۱ به ۳ | (۰/۳۵و۰/٤و۰/٤۵) |
| بی اهمیت بین نسبت های ۱ و ۱ به ۳ | ۱ به ۲ | (۰/٤و۰/٤۵و۰/۵) |
| اهمیت یکسان | ۱ | (۰/٤۵و۰/۵و۰/۵۵) |
| اهمیت بین ۱ و ۳ | ۲ | (۰/۵و۰/۵۵و۰/٦) |
| اهمیت نسبی | ۳ | (۰/۵۵و۰/٦و۰/٦۵) |
| اهمیت بین ۳ و ۵ | ٤ | (۰/٦۲۵و۰/٦۷۵و۰/۷۲۵) |
| خیلی مهم | ۵ | (۰/۷و۰/۷۵و۰/۸) |
| اهمیت بین ۵ و ۷ | ٦ | (۰/۷۷۵و۰/۸۲۵و۰/۸۷۵) |
| اهمیت حیاتی | ۷ | (۰/۸۵و۰/۹و۰/۹۵) |
| اهمیت بین ۷ و ۹ | ۸ | (۰/۹و۰/۹۵و۱) |
| بی نهایت مهم | ۹ | (۰/۹۵و۱و۱) |

**گام اول:** تعیین اوزان معیارها و گزینه ها نسبت به معیارها

برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه های زوجی، مقدار ، Sk که خود عدد فازی مثلثی است، به صورت زیر محاسبه می‌شود :



www.SID.ir

$$S_k = \sum_{j=1}^{n} M_{kl} \times \left[ \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} M_{ij} \right]^{-1} \qquad (٤)$$

که K بیانگر شماره سطر، I و J به ترتیب نشان دهنده گزینه ها و شاخصها هستند. در روش مذکور، پس از محاسبه Skها، درجه بزرگی آن‌ها نسبت به هم باید به دست آید .به طور کلی اگرM1 و M2 دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی M1 بر M2 ، که با V(M1≥M2) نشان داده میشود بصورت زیر تعریف می‌کردد:

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 & if: \quad m_1 \geq m_2 \\ V(M_1 \geq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) & Otherwise \end{cases} \qquad (٥)$$

همچنین داریم:

$$Hgt(M_1 \cap M_2) = \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)} \qquad (٦)$$

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از K عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه زیر بدست می آید :

$$V(M_1 \geq M_2, \ldots, M_k) = \qquad (٧)$$
$$Min[V(M_1 \geq M_2), \ldots, V(M_1 \geq M_k)]$$

در روش تحلیل توسعه ای برای محاسبه وزن شاخص ها در ماتریس مقایسه های زوجی بصورت زیر عمل می‌شود:

$$W'(x_i) = Min\{V(S_i \geq S_k)\}, \quad k = 1,2,\ldots,n, \; k \neq i \qquad (٨)$$

بنابراین بردار وزن شاخص ها بصورت زیر خواهد بود که همان بردار ضرایب ناهنجار AHP فازی است.

$$W' = \left[ W'(c_1), W'(c_2), \ldots W'(c_n) \right]^T \qquad (٩)$$

**گام دوم:** تعیین وزنهای تصمیم گیرندگان

همان طور که بیان شد، به هر مقایسه زوجی یک سطح اطمینان توسط تصمیم گیرنده اختصاص داده می شود . سپس تمامی سطوح اطمینان ارایه شده توسط یک تصمیم گیرنده، برای به دست آوردن یک سطح اطمینان کلی ترکیب می شوند و به عنوان وزن تصمیم گیرنده در نظر گرفته می شود.

اگر $W^K$ نشان دهنده وزن تصمیم گیرنده K ام باشد، با طی گامهای زیر می توان آن را تعیین کرد . ابتدا هر سطح اطمینان زبانی به مقدار عددی تبدیل می شود .اگر $a_{xyk}$ سطح اطمینان عددی تصمیم گیرنده k ام برای مقایسه زوجی معیار x نسبت به معیار y باشد آنگاه:

$$\begin{cases} 1 & High\ Conidence \\ 0.5 & Average\ Confidence \\ 0 & Low\ Confidence \end{cases} \qquad (١٠)$$

سپس $a_{xyk}$ در ماتریسهای مجزا $A_{ck} = a_{xyk}$ مشابه گروه بندی مقایسه های زوجی تحلیل سلسله مراتبی گروه بندی می‌شود. درمرحله بعد بیشینه مقدار ویژه ماتریس $A_{ck}$ که با $\lambda_{ck}$ نمایش داده می‌شود محاسبه می‌گردد. سپس مقدار $W^K$ به وسیله ترکیب $\lambda_{ck}$ ها به دست می‌آید. همچنین برای محاسبه مقدار ویژه می توان از روابط زیر استفاده کرد:



www.SID.ir

(۱۱)

$$|A-\lambda I|=0 \Rightarrow \begin{vmatrix} a_{11}-\lambda & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22}-\lambda & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn}-\lambda \end{vmatrix}$$

$$b_n\lambda^n+b_{n-1}\lambda^{n-1}+\dots+b_0=0 \Rightarrow \begin{cases} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_v \end{cases} \qquad (۱۲)$$

$$\lambda_{ck}=Max\{\lambda_1,\lambda_2,\dots,\lambda_n\} \qquad (۱۳)$$

با توجه به اینکه $\lambda_{ck}$ ها بر اساس اندازه ماتریس $A_{ck}$ متغیرند، برای قرار گرفتن $\lambda_{ck}$ ها در فاصله [0 , 1] ، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

(۱٤)

$$\lambda'_{ck}=\frac{\lambda_{ck}-\lambda_{ck}^{\min}}{\lambda_{ck}^{\max}-\lambda_{ck}^{\min}} \; ; \lambda_{ck}^{\max}=size\,of\;A_{ck}\,,\lambda_{ck}^{\min}=1$$

حال $\lambda_{ck}$ ´ طبق رابطه زیر نرمال می‌شود :

$$\lambda''_{ck}=\frac{\lambda'_{ck}}{\sum_{j=1}^{r}\lambda'_{ck}} \qquad (۱۵)$$

بنابراین با ترکیب تمامی $\lambda_{ck}$ ´ ها مقادیر $W^K$ محاسبه می‌شود.

**گام سوم** : تلفیق گامهای اول و دوم برای به دست آوردن اوزان نهایی

با استفاده از $a_{mk}(w')$ های بدست آمده و w های بدست آمده در گام دوم برای هریک از ماتریس های زوجی ارائه شده توسط تصمیم گیرندگان، اوزان نهایی با استفاده از رابطه میانگین هندسی موزون بصورت زیر تعیین می‌شود :

$$a_m=\prod_{k=1}^{r}(a_{mk})^{W'} \qquad (۱٦)$$

**گام چهارم:** رتبه بندی گزینه‌ها

در این مرحله با بکارگیری تکنیک تحلیل سلسله مراتبی و حاصلضرب ماتریس های اوزان شاخص ها و اوزان گزینه‌ها نسبت به شاخص ها ، رتبه بندی نهایی گزینه‌ها حاصل می‌شود.

## تحلیل و نتیجه گیری

با استفاده از نظرات تعدادی از کارشناسان و خبرگان، ماتریسهای تصمیم برای هر گزینه در برابر هر شاخص و ماتریسهای مقایسه های زوجی بین شاخص ها تشکیل شده است. سپس با استفاده از روابط موجود در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، اوزان برای هر تصمیم گیرنده تعیین شده است. پس از آن با بکارگیری روش میانگین هندسی موزون، اوزان نهایی معیارها و اوزان نهایی گزینه ها نسبت به معیارها به ترتیب مطابق با جداول۲ و ۳ به دست آمده است. در پایان اوزان نهایی گزینه ها محاسبه و نتیجه نهایی در جدول ۴ مشخص شده است.



www.SID.ir

جدول ۳. اوزان نهایی معیارها

| معیار | C1 | C2 | C3 | C4 |
|---|---|---|---|---|
| وزن | 0.49 | 0.231 | 0.116 | 0.163 |

جدول ۴. اوزان نهایی گزینه‌ها نسبت به معیارها

| وزن گزینه‌ها نسبت به معیارها | C1 | C2 | C3 | C4 |
|---|---|---|---|---|
| A1 | 0.08983 | 0. 22344 | 0. 21174 | 0.28883 |
| A2 | 0.22646 | 0.09133 | 0.06972 | 0.07279 |

جدول ۵. اوزان نهایی گزینه‌ها

| گزینه | وزن نهایی |
|---|---|
| تکنولوژی رساناها | 0.35287 |
| تکنولوژی ابررسانایی | 0.64713 |

## نتیجه گیری

در این مقاله سعی بر این بود تا ضمن ارائه توضیحاتی به معرفی پدیده ی نوین و جذاب ابررسانایی پرداخته شود. پدیده ای که توضیح تمامی زمینه های کاربردی و ویژگی های قابل توجه آن فراتر از سطح و حوصله ی این مقاله است. حال آنکه در حال حاضر نیز این تکنولوژی در زمینه های مختلف در مدرن ترین پژوهشکده های جهان در دست بررسی و آزمایش بوده و با گذر زمان دستخوش کشفیات و ابداعات جدیدی خواهد شد.

سپس با توضیحاتی مختصر در رابطه با بومی‌سازی یک تکنولوژی نوین بعنوان راهنمای عمل، می‌توان تحلیل نمود که در حال حاضر، از آنجایی که کشور ما از لحاظ توان تکنولوژیکی و علمی در سطح قابل قبولی جهت تولید علم در زمینه ی تکنولوژی های ابررسانایی قرار ندارد، می‌تواند با بهره گیری از یک فرایند انطباق و انتقال تکنولوژی منطقی و بومی‌سازی آن، ضمن کسب دانش مورد نیاز در این زمینه، مسیر خود را جهت ایجاد نوآوری و تغییر و نهایتا پیشرفت و خودکفایی در این زمینه هموار سازد.

در ادامه با استفاده یک مدل سلسله مراتبی فازی و انجام محاسبات مربوطه و در نظر گرفتن چهار معیار و شاخص اساسی مشخص گردید که طبق امتیاز دهی کارشناسان امر، این تکنولوژی از جایگاه مناسب تر و والاتری نسبت به تکنولوژی کنونی رساناها برخوردار است و زمینه جهت استفاده ی بهینه از آن هموار می‌باشد.

## منابع و مراجع


۱. اصغرپور، محمدجواد (۱۳۸۷) "تصمیم گیریهای چند معیاره" ، چاپ پنجم، تهران ، انتشارات دانشگاه تهران

2. Chan, F.T.S. and Koumar, N. (2007) “Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach”, OMEGA-International Journal of Management Science, 35(4), pp. 417-431.
3. Ho,W., Xu, Xh. and Dey, P. D. (2010) “Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review”, European Journal of Operational Research, 202, pp.16-24.
4. Kahraman, C., Cebeci, U. and Ulukan, Z. (2003)”Multi-criteria supplier Selection using fuzzy AHP”, Logistic Information Management, 16(6), pp.382-394.

۵. نواز شریف، محمد، مدیریت انتقال و توسعه تکنولوژی، مترجم رشید اصلانی، سازمان مدیریت و برنامه ریزی، نشریه شماره ۲۴ برنامه و توسعه، تهران ، ۱۳۶۷.

۶. علی احمدی ، علیرضا، مدیریت تحقیق تا توسعه تکنولوژی، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، زمستان ۱۳۷۷.

7. superconductivity.persianblog.com




Archive of SID
www.SID.ir