

تعیین و وزن دهی شاخص های مکان یابی بوستان انرژی

امین یآوری^۱، آرام مرادی^۲، سعید رحیمی^۳، حمید قربانی^{۴*}

۱. معاون برنامه ریزی و توسعه شهری شهرداری منطقه ۷

۲. کارشناس تحقیق و توسعه شهرداری منطقه ۷

۳. دکتری مدیریت گردشگری، دانشگاه علم و فرهنگ

۴. کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه تهران

پست الکترونیک نویسنده مسئول مکاتبات: ghorbani_55@yahoo.com

چکیده

با عنایت به چشم انداز پیش روی جهان از دیدگاه اقتصادی، سیاسی، فنی و اجتماعی یکی از مهم ترین نیازهایی که ذهن تمامی مسئولان و کارشناسان را در کشورهای مختلف جهان به خود مشغول داشته است، موضوع تامین انرژی طی سال های آتی، بهینه سازی انرژی، بکارگیری و استفاده از انرژی های تجدیدپذیر به عنوان جایگزینی گریز ناپذیر برای انرژی های فسیلی می باشد. بر همین مبنا آگاه سازی عمومی با روند تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریسیته که مهمترین گونه انرژی مصرفی در بخش خانگی محسوب می شود، می تواند چاره ساز سال های آتی در جوامع باشد. در این ارتباط یکی از کاربری های فرهنگی، آموزشی، تحقیقاتی و کاربردی که اخیرا در کشورهای مختلف متداول شده و طرفداران بسیاری را جلب نموده، بوستان انرژی است. با عنایت به مبانی گفته شده و نیاز نسل های آینده جامعه به آگاهی هر چه بیشتر از این مقوله، تاسیس بوستان یا بوستان هایی از این دست امری ضروری تلقی می شود و امید است که جایگاه واقعی خود را بیابد. با گسترش ایده تاسیس اینگونه بوستان ها در مقیاس و با اهداف گوناگون، چالش های تازه ای در علوم برنامه ریزی شهری و منطقه ای، محیط زیست و حتی علوم مرتبط با تولید و انتقال انرژی الکتریسیته بوجود آمده که از آن جمله انتخاب مکان بهینه استقرار این کاربری خاص و معیارهای این انتخاب با توجه به هدف تاسیس و مقیاس عملکردی آن است. بر همین اساس در این پژوهش با بکارگیری روش های دلفی، دیماتل و فرایند تحلیل شبکه فازی سیستم پشتیبان تصمیمی برای بررسی، تعیین و وزن دهی معیارهای مکان یابی بوستان انرژی پیاده سازی و اجرا شد. در پایان چهار معیار زیر ساخت و تسهیلات حمل و نقل، شاخص های جمعیتی و اجتماعی، شاخص های محیطی و شاخص های کالبدی با ۱۲ زیرمعیار قابلیت دسترسی با خودروی شخصی، فاصله از مراکز آموزشی و پژوهشی، فاصله از مراکز جمعیتی، شاخص های اجتماعی، دسترسی به آب جاری، توپوگرافی عوارض طبیعی و انسان ساخت، فاصله از مراکز خطر، اندازه قطعه و کاربری اراضی، کیفیت کاربری اراضی، خوانایی (در معرض دید بودن)، پیاده مداری انتخاب و وزن دهی شد.

۱. پیشگفتار

در آستانه هزاره سوم میلادی، به ویژه طی دودهمه گذشته در بسیاری از شهرها در کشورهای رو به توسعه و توسعه یافته به لحاظ صنعتی و اقتصادی مجموعه‌ای از تحولات بنیادی به وقوع پیوسته است که افزایش سرانه مصرف انرژی را در این شهرها به دنبال داشته است. در این میان سرانه مصرف انرژی در ایران ۴ برابر استاندارد جهانی است و استان تهران ۱۰/۵ درصد کل حامل‌های انرژی مایع کشور را مصرف می‌کند (اطلس کلانشهر تهران). با عنایت به چشم انداز پیش روی جهان از دیدگاه اقتصادی، سیاسی، فنی و اجتماعی یکی از مهم ترین نیازهایی که ذهن تمامی مسئولان و کارشناسان را در کشورهای مختلف جهان به خود مشغول داشته است، موضوع تامین انرژی طی سال‌های آتی، بهینه سازی انرژی، بکارگیری و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان جایگزینی گریز ناپذیر برای انرژی‌های فسیلی می‌باشد. از اینرو اصلاح الگوی مصرف بخش‌های گوناگون مصرف کننده انرژی به ویژه بخش خانگی و استفاده از برنامه‌های مدیریت هدف دار امری ضروری است. بر همین مبنا آگاه سازی عمومی با روند تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریسیته که مهمترین گونه انرژی مصرفی در بخش خانگی محسوب می‌شود، می‌تواند چاره ساز سال‌های آتی در جوامع باشد. همچنین در این میان آشنایی عمومی با انرژی‌های تجدیدپذیر و فرهنگ سازی بکارگیری این انرژی‌ها در سبد مصرف این بخش‌ها، از جمله راه‌کارهای بسیار مناسب در جهت توسعه پایدار و سیاست محیط زیست پاک خواهد بود.

در این ارتباط یکی از کاربری‌های فرهنگی، آموزشی، تحقیقاتی و کاربردی که اخیرا در کشورهای مختلف متداول شده و طرفداران بسیاری را جلب نموده، بوستان انرژی است. با عنایت به مبانی گفته شده و نیاز نسل‌های آینده جامعه به آگاهی هر چه بیشتر از این مقوله، تاسیس بوستان یا بوستان‌هایی از این دست امری ضروری تلقی می‌شود و امید است که جایگاه واقعی خود را بیابد.

با گسترش ایده تاسیس اینگونه بوستان‌ها در مقیاس و با اهداف گوناگون، چالش‌های تازه‌ای در علوم برنامه-ریزی شهری و منطقه‌ای، محیط زیست و حتی علوم مرتبط با تولید و انتقال انرژی الکتریسیته بوجود آمده

که از آن جمله انتخاب مکان بهینه استقرار این کاربری خاص و معیارهای این انتخاب با توجه به هدف تاسیس و مقیاس عملکردی آن است. باید توجه داشت که موقعیت مکانی بوستان‌های انرژی با توجه به هدف تاسیس مستقیماً در نحوه بکارگیری احتمالی متخصصان، محققان، پژوهشگران و دانشجویان و یا بازدید عموم به ویژه خانواده‌ها، دانش آموزان و سایر گروه‌ها جهت آموزش عمومی و آگاه‌سازی و همچنین میزان کارایی این بوستان‌ها موثر خواهد بود.

مکان‌یابی بوستان انرژی موثر از قوانین و مقررات دولتی، سیاست‌های انرژی‌های نو و پذیرش عمومی است. اما غالباً برای مکان‌یابی کاربری‌های نو بدون سابقه‌های مدون و علمی، قواعد و پژوهش‌های علمی می‌بایست برای تصمیم‌گیری نهایی به کارگرفته شوند. این قواعد مستقیماً در برنامه‌ریزی، طراحی، توسعه، ساخت و نهایی‌ات عملکرد موثر خواهد بود (NARUC, ۲۰۱۲).

سابقه مطالعه و اجرای پارک‌های انرژی در مقیاس‌های بزرگ به سال‌های دهه ۹۰ قرن ۲۰ باز می‌گردد. به عنوان مثال نخستین پارک انرژی بادی Offshore پس از مطالعه‌های پایه در کشور دانمارک در سال ۱۹۹۱ ساخته شد و تا سال ۲۰۱۰ نیز ۳۹ پارک بادی در کشورهای فنلاند، بلژیک، آلمان، ایرلند، هلند و نروژ با ظرفیت ۲۳۹۶ مگاوات ساخته شده است. نخستین پارک انرژی خورشیدی در کالیفرنیا با ظرفیت ۱ مگاوات پیک ساخته شده است و هم‌اکنون نیز کشورهای توسعه یافته متعددی به صورت گسترده بر پارک‌های انرژی با ظرفیت تولید انرژی بالا سرمایه‌گذاری نموده‌اند. با این وجود بوستان‌های انرژی کوچک مقیاس که عمدتاً بر اساس فرهنگ‌سازی و توسعه و ترویج منابع انرژی تجدیدپذیر و برنامه‌های مدیریت سمت بار استوارند، در سال‌های اخیر در برخی از کشورهای جهان مورد مطالعه و اجرا قرار گرفته‌اند. علیرقم اهمیت موضوع بنا به نوبت بودن مباحث آن تا کنون مطالعات چندانی در جهان بخصوص ایران انجام نگرفته است. در ادامه تعدادی از مطالعاتی که بصورت محدود به این موضوع پرداخته‌اند بررسی خواهد شد.

رضاپور و ارغند (۱۳۹۰ و ۱۳۹۱) ضمن انجام مطالعاتی مشابه به بررسی ماهیت پارک‌های انرژی و ویژگی‌های مکانی آنها با توجه به هدف تاسیس پرداخت‌اند. بر مبنای مطالعات انجام پذیرفته توسط آنها معیارهای مکانی موثر در مکان‌گزینی پارک‌های انرژی و همچنین کاربری این پارک‌ها با توجه به هدف تاسیس متفاوت

خواهد بود. بر این مبنا برخی از این فضاها با هدف خدمات رسانی به صنایع از طریق تامین انرژی ارزان قیمت برای صنایع مذکور احداث می‌شوند که مشخصاً کارایی متفاوتی با پارک‌های انرژی با اهداف آموزشی- پژوهشی دارند.

میر گلورزی (۱۳۹۲) نیز با انجام طرح "امکان سنجی نصب کالکتورهای انرژی خورشیدی و توربین‌های بادی در منطقه ۱۳ (حاشیه شرقی منطقه، مرتبط با قطب گردشگری)" در حوزه منطقه ۱۳ شهرداری تهران علاوه بر امکانسنجی احداث پارک انرژی به جانمایی آن با استفاده از معیاهای مکانی پرداخته است. وی برای جانمایی پارک انرژی، ابتدا نقاط مستعد استحصال انرژی خورشیدی را مشخص کرده و سپس به شناسایی نقاط مستعد جهت استحصال انرژی باد پرداخته است. نهایتاً با تعیین مناطق مشترک که در وضعیت مناسبی از نظر استحصال انرژی خورشیدی و بادی قرار دارند به جانمایی پارک انرژی در محدوده پارک جنگلی اقدام نموده است.

معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی شریف با همکاری مرکز مطالعات شهرداری تهران در سال ۱۳۹۲ اقدام به انجام مطالعه‌ی با عنوان "مطالعه و مکان‌یابی پارک انرژی در پارک‌های منتخب شهرداری منطقه ۲۰" نموده است. در این مطالعه سه پارک دانش، گل‌مهر و جامع ری برای احداث پارک انرژی مورد بررسی قرار گرفتند و در پایان بر اساس دو مدل پر هزینه و کم هزینه پیشنهادهای برای طراحی و تجهیز هر یک از این پارک‌ها با تجهیزات و تکنولوژی‌های تولید انرژی و بهینه سازی مصرف آن ارائه شد.

خمر (۱۳۹۲) در پژوهشی دیگر با عنوان "معیارهای مکان‌یابی پارک‌های شهری برای ارتقاء محیط اجتماعی (مطالعه موردی پارک یعقوب لیث شهر زابل)" به مقوله مکان‌یابی پارک‌های شهری و معیارهای موثر بر آن پرداختند.

ریلات^۱ و دیگران (۲۰۰۳) نیز طی انجام یک طرح پژوهشی به ابداع یک سیستم پشتیبانی تصمیم مکانی^۲ به منظور برنامه‌ریزی نحوه استفاده از انرژی خورشیدی در سطح ایست میدلند^۱ انگلستان پرداختند. به عبارت

^۱ . Rylatt

^۲ . Spatial Decision Support System

دیگر در طرح مذکور با گردآوری اطلاعات مکانی همچون: نوع کاربری قطعه زمین، سطح قابل استفاده جهت دریافت انرژی خورشیدی، میزان انرژی قابل استحصال در طی روز در سطوح مذکور، نوع تملک ملک از طرف مالک (ملک شخصی، اجاره، رهن و ...)، متوسط درآمد مالکین در ماه، متوسط میزان مصرف انرژی در ملک مذکور در بازه‌های زمانی (روز، ماه، سال) و ... و سپس تجمیع این اطلاعات با مجموعه قواعد فازی در قالب یک سیستم پشتیبانی تصمیم مکانی به بررسی پتانسیل وضعیت موجود جهت استفاده از انرژی خورشیدی پرداخته شده است. به این ترتیب با استفاده از سیستم مذکور علاوه بر تخمین دقیق انرژی خورشیدی قابل استحصال در هر کاربری، امکان رتبه‌بندی و اولویت‌بندی پارسل‌های موجود در کاربری‌های مختلف جهت سرمایه‌گذاری در راستای اجرای طرح‌های عملی استحصال انرژی‌های خورشیدی و نصب احتمالی کالکتورها به وجود آمده است.

موریموس و پوتولیا^۲ (۲۰۱۳) ضمن انجام مطالعه‌ای با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به ارزیابی و امکان‌سنجی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در موقعیت‌های مکانی مختلف پرداخته و نهایتاً با استفاده از مدل‌سازی‌های مکانی بر مبنای مجموعه معیارهای منتخب میزان کارایی پارک‌های انرژی را در موقعیت‌های مکانی متفاوت محاسبه نمودند.

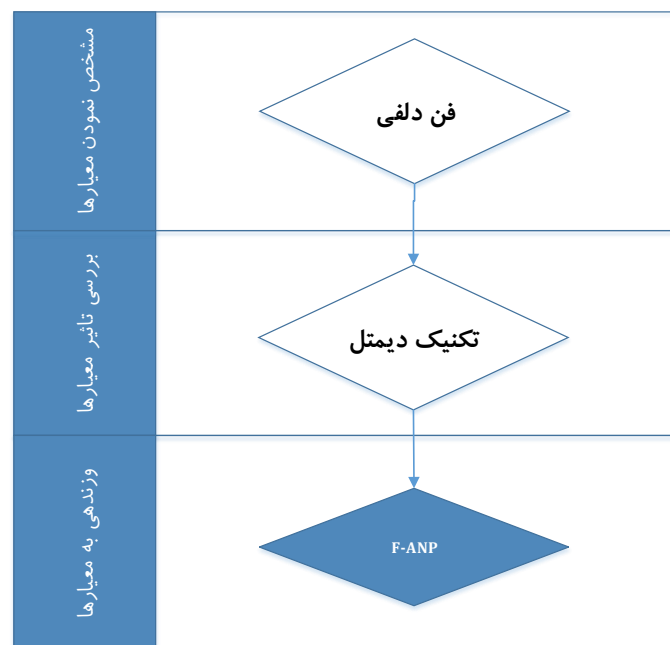
پس از جستجو و مطالعه پژوهش‌های گوناگون داخلی و خارجی، تقریباً هیچ پژوهشی برای تعیین معیارهای موثر در مکان‌یابی بوستان‌های انرژی با هدف آگاه‌سازی و کاربردهای آموزشی - پژوهشی مشاهده نشد. در بیشتر پژوهش‌های انجام شده به مکان‌یابی این کاربری از دید یک جانبه چون میزان استحصال، مباحث اقتصادی و ... پرداخته شده است. از اینرو با توجه به کمبود مطالعه جامع جهت تهیه، تعیین و وزن‌دهی معیارهای موثر بر مکان‌یابی بوستان انرژی در مناطق مرکزی و پیرامونی کلان‌شهرهای همچون تهران، در این پژوهش تلاش خواهد شد طرحی مدون و دستورکاری مشخص در مکان‌گزینی این کاربری بر پایه نظر کارشناسان و نخبگان ارایه شود.

^۱ . East Midland, UK

^۲ . Mourmouris, and Potolias

۲. روش‌شناسی

طی ۴ دهه گذشته بسیاری از پژوهش‌ها در پی طراحی مدل و تکنیک‌های برای تصمیم‌گیری در زمینه‌های گوناگون با اهداف و در بیشتر مواقع معیارهای ناهمگون بوده‌اند (Tavakkoli-Moghaddam et al, ۲۰۱۱) فرایند ارزیابی و انتخاب معیارها، روش‌ها و گزینه‌های مناسب در پروژه‌های مکان‌یابی، به دلیل دخالت گروه‌های گوناگون تصمیم‌گیر و همچنین وجود روابط متقابل میان معیارهای تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری، بسیار پیچیده است. از اینرو این فرایند نیازمند بررسی نظریات گوناگون و گاهی متضاد صاحب‌نظران، در نظر گرفتن عوامل متعدد و پیچیده کمی و کیفی و بررسی روابط متقابل میان آنها است. به نظر می‌رسد استفاده از تکنیک‌های چند معیاره ابزار مناسبی در تعیین، رتبه‌بندی، انتخاب معیارهای ارزیابی و در پایان انتخاب یک یا چند گزینه از بین گزینه‌های موجود در پروژه‌های مکان‌یابی باشد. از اینرو در روش‌شناسی پژوهش به ارایه مدل ترکیبی از فن دلفی^۱ برای تعیین معیارها، تکنیک دیماتل^۲ برای بررسی روابط میان آنها و فرایند تحلیل شبکه فازی^۳ برای وزندهی به معیارها که در شکل ۱ نمایش داده شده است، پرداخته خواهد شد.



شکل ۱: مدل کلی پژوهش

^۱ Delphi

^۲ DEMATEL

^۳ FANP

۱.۲. فن دلفی

همواره یکی از چالش‌های اصلی در مکان‌یابی آن است که چه معیارهای می‌توانند در تصمیم‌سازی و ارزیابی گزینه‌ها برای تصمیم‌گیری مورد بررسی قرار گیرند و چگونه می‌توان این معیارها را مشخص نمود. حال اگر تصمیم‌گیری برای ایجاد یک کاربری در کلانشهری همچون تهران باشد که عوامل بسیار گوناگون اقتصادی، سیاسی، فرهنگی، محیطی، تکنولوژیکی و ... در تصمیم‌گیری دخیل خواهند بود، انتخاب مکان بهینه یک کاربری با توجه به میان رشته‌ای بودن تصمیم بسیار دشوار خواهد بود. از جمله روش‌های علمی بسیار قدرتمند در زمینه تعیین شاخص‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری فن دلفی است.

روش دلفی راه‌کاری برای ایجاد یک فرآیند ارتباط گروهی است، به گونه‌ای که این فرآیند به گروهی که شامل اجزای جداگانه و مستقل است، اجازه می‌دهد که در حل مسائل پیچیده شرکت کنند. در روش دلفی پرسش‌گری در دو دوره یا بیشتر انجام می‌شود و در هر دوره از نتایج به دست آمده‌ی دوره یا دوره‌های پیشین استفاده می‌شود. بنابراین، از دور دوم، متخصصان و کارشناسان تحت تأثیر نظرها و عقاید همتران خود و نتایج به دست آمده از دور پیش به پرسش‌ها پاسخ می‌دهند (Cuhls, ۲۰۰۱, ۹۶). براساس تعریف هادر^۱ و هادر، روش دلفی یک فرآیند قوی مبتنی بر ساختار ارتباطی گروهی است، به طوری که در مواردی که دانشی ناکامل و نامطمئن در دسترس است، بکار می‌رود و تصمیم‌گیری به متخصصان آن امر سپرده می‌شود (Hader and Hader, ۱۹۹۵, ۱۲). گام‌های کلاسیک این فن عبارتند از (Dağdeviren et al., ۲۰۰۹; Taskin Gumus, ۲۰۰۹):

انتخاب گروه متخصصین و پنل‌ها: در گام نخست هدف به درستی و روشنی بیان خواهد شد که در اینجا یافتن معیارهای مکان‌یابی بوستان انرژی خواهد بود. سپس گروه‌های متخصص انتخاب و معرفی خواهند شد. در این پژوهش خبرگان به چهار پنل ۳ نفره دسته‌بندی می‌شوند که در جدول ۱ این پنل‌ها و میزان تخصص هر یک مشخص شده است.

^۱ Hader

جدول ۱: پنل‌های متخصصان پرسش شونده در روش دلفی

نام پنل	رشته تحصیلی	مدرک تحصیلی
برنامه‌ریزان شهری	برنامه‌ریزی شهری	دانشجوی دکتری
	برنامه‌ریزی شهری	دانشجوی دکتری
	برنامه‌ریزی شهری	دکتری
طراحان محیط زیست	محیط زیست	کارشناسی ارشد
	محیط زیست	کارشناسی ارشد
	محیط زیست	دکتری
مهندسين برق	مهندسی برق قدرت	دانشجوی دکتری
	مهندسی برق قدرت	کارشناسی ارشد
	مهندسی برق قدرت	کارشناسی ارشد
متخصصین GIS	GIS	کارشناسی ارشد
	GIS	کارشناسی ارشد
	GIS	دانشجوی دکتری

پرسش‌نامه نخست و بدون ساختار بر پایه پرسش و هدف پژوهش؛ در این پرسش‌نامه تنها از خبرگان درخواست می‌شود که ایده‌های نخستین و کاملاً خام خود را بصورت یک طوفان ذهن، لیست وار بیان نمایند. پرسش‌نامه ساختار یافته راند ۲؛ پس از گردآوری ایده‌های نخستین متخصصان در هر ۴ پنل ایده‌های مشترک استخراج شده به همراه دیگر ایده‌ها مرتب می‌شوند تا پرسش‌نامه راند ۲ آماده شود. در این پرسش‌نامه نخستین ایده بیشترین تکرار را در راند یک داشته است. در ادامه این پرسش‌نامه به خبرگان بازگردانده می‌شود و از آنها درخواست می‌شود نظر خود را درباره نقاط قوت و ضعف هر یک از این آیتم‌ها بصورت کوتاه بیان نمایند.

پرسش‌نامه راند ۳؛ در این گام پس از بررسی دیدگاه‌های پرسش‌شوندگان در راند ۲، نقاط قوت و ضعف بیان شده توسط آنها بصورت دسته‌بندی شده و مرتب در کنار هر آیتم آورده خواهد شد. در این پرسش‌نامه از کارشناس خواسته می‌شود با توجه به نکته‌های بیان شده توسط همه گروه‌ها راجع به هر یک از ایده‌ها امتیازی بدهد (سیستم امتیاز دهی برای آنها مشخص خواهد شد).

استخراج معیارها؛ در گام پایانی با بررسی دیدگاه کارشناسان همه پنل‌ها چنانچه هر معیار میانگین مجموعه امتیازهایش بیش از ۶ (۶۰ درصد حداکثر مجموعه امتیازها) باشد، به عنوان معیار پایانی در گزارش

ارایه خواهد شد. همچنین این معیارها به همراه میزان امتیاز کسب شده هر یک به آگاهی خبرگان خواهد رسید.

۲.۲. بررسی میزان تاثیر معیارها بر یکدیگر (تکنیک دیماتل)

پس از استخراج معیارهای پیشنهادی از پنل‌های خبرگان در تکنیک دلفی می‌بایست میزان تاثیرگذاری و تاثیرپذیری این معیارها بر یکدیگر مشخص شود تا بتوان روش وزن‌دهی مناسب را برای بالا بردن دقت نظر کارشناسان انتخاب نمود. از جمله روش‌های علمی و بسیار مناسب در این زمینه تکنیک دیماتل است. این تکنیک که از گونه روش‌های تصمیم‌گیری بر پایه مقایسه دو به دو می‌باشد، با بهره‌مندی از قضاوت خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی سیستماتیک به آن‌ها با بکارگیری اصول تئوری گراف‌ها، ساختار سلسله‌مراتبی از عوامل موجود در سیستم همراه با روابط تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متقابل عناصر نام برده شده، بدست می‌دهد، به گونه‌ای که شدت اثر این روابط را به صورت امتیازی عددی معین می‌کند. قضاوت خبرگان در مقایسه‌های زوجی این روش ساده بوده و نیازمند آگاهی ایشان از چگونگی فرایند دیماتل نمی‌باشد، اما کیفیت نظر و گستره بینش آن‌ها از جوانب گوناگون مسأله در نتیجه حاصل از دیماتل بسیار اثر گذار است و باید معلومات کافی از مسأله را دارا باشند (آقا ابراهیمی سامانی و دیگران، ۱۳۸۷: ۱۲۳؛ اصغرپور، ۱۳۸۲: ۱۳۲). در ادامه چگونگی بکارگیری تکنیک دیماتل در شناسایی روابط میان عوامل و معیارها بیان می‌گردد.

پیش از همه، ماتریس نظرسنجی از معیارها تهیه می‌شود (این معیارها حاصل پردازش پایانی و مرتب‌سازی یافته‌های فن دلفی هستند)، به گونه‌ای که سطرها و ستون‌های این ماتریس را همان معیارها تشکیل می‌دهند. ماتریس اولیه در اختیار خبرگان قرار می‌گیرد و از آن‌ها خواسته می‌شود، با مقایسه زوجی هر یک از عوامل (معیارها) واقع بر هر سطر ماتریس، با تک تک عوامل واقع بر ستون‌های ماتریس، شدت اثر عامل سطری بر عامل‌های ستونی را به صورت عددی بین یک تا چهار در خانه‌های مربوط به آن‌ها درج نمایند، به گونه‌ای که این اعداد مفاهیم زیر را در برداشته باشند (آقا ابراهیمی سامانی و دیگران، ۱۳۸۷، ۱۲۳):

- صفر (۰): عامل A بر عامل B تأثیری ندارد.
- یک (۱): عامل A بر عامل B کمی تأثیر می‌گذارد.
- دو (۲): عامل A بر عامل B مؤثر است.
- سه (۳): عامل A بر عامل B تأثیر نسبتاً زیادی دارد.
- چهار (۴): عامل A بر عامل B به شدت تأثیرگذار است.

در ادامه تکنیک دیماتل بر روی ماتریس‌های زوجی تکمیل شده از سوی متخصصین در زمینه مورد نظر محاسبه می‌شود (Tzeng et al, ۲۰۰۷; Wu, ۲۰۰۸; Shieh et al, ۲۰۱۰). نخست ماتریس میانگین (A) بر اساس ماتریس‌های زوجی تکمیل شده از سوی متخصصین با استفاده از رابطه ۱ بدست می‌آید.

$$a_{ij} = \frac{1}{H} \sum_{k=1}^H X_{ij}^k \quad \text{رابطه (۱)}$$

علامت X_{ij} نشان‌دهنده‌ی درجه‌ای است که مخاطب اعتقاد دارد عامل (فاکتور) i بر فاکتور j تأثیر می‌گذارد. در مورد $i=j$ عناصر قطری روی صفر تنظیم شده‌اند. در مورد هر پاسخگو می‌توان یک ماتریس غیر منفی $n \times n$ بصورت $x^k = [x_{ij}^k]$ در نظر گرفت که در آن شماره پاسخگو با $1 \leq k \leq H$ است و n شماره فاکتورها می‌باشد. بنابراین $x^1, x^2, x^3, \dots, x^H$ ماتریس‌های هر کدام از پاسخگوها هستند.

در ادامه ماتریس نسبت مستقیم اولیه نرمال شده با استفاده از رابطه ۲ محاسبه خواهد شد.

$$D = A \times \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در گام سوم ماتریس T بر اساس فرمول ۳ بدست خواهد آمد. در این محاسبه I ماتریس واحد می‌باشد.

$$T = D(I - D)^{-1} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در گام پایانی این روش حد آستانه از طریق محاسبه‌ی میانگین عناصر ماتریس T تعیین می‌شود. از آنجا که ماتریس T ، اطلاعات مربوط به چگونگی اثرگذاری یک فاکتور بر فاکتور دیگر را فراهم می‌کند، تصمیم‌گیرنده الزاماً باید یک مقدار یا حد آستانه‌ای برای فیلتر کردن برخی اثرات جزئی (ناچیز) تعیین کند.

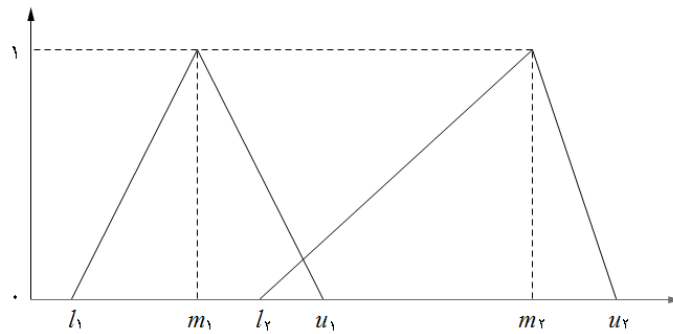
۳.۲. وزن‌دهی به معیارها (F-ANP)

فرایند تحلیل شبکه (ANP) گامی توسعه یافته از فرایند تحلیل شبکه (AHP) است (Uygun, ۲۰۱۴). این روش به عنوان روشی مناسب برای تصمیم‌گیری‌های چند معیاره در حوزه‌های گوناگون بیان شده است. در دنیای واقعی بنا به عدم قطعیت و پیچیدگی موجود در فضای تصمیم‌گیری و دقت داده‌ها متخصصان از تصمیم‌های خود مطمئن نخواهند بود. از اینرو بنظر می‌رسد که روش سنتی ANP در برخورد با مسایلی با عدم قطعیت کاملاً کارآمد و قابل اطمینان نخواهد بود. بنابراین بهترین راه‌کار استفاده از روش تحلیل شبکه فازی FANP خواهد بود.

ANP از ترکیب روابط بین معیارها و AHP بدست خواهد آمد. از اینرو برای وزندهی با روش FANP نخست باید FAHP اجرا شود. سپس نتایج تکنیک دیماتل برای ساختن ماتریس وابستگی زیرمعیارها بکارگرفته خواهد شد. در پایان وابستگی نسبی معیارها را به کمک رابطه ۴، یا به عبارت دیگر با تلفیق نتایج حاصل از دو مرحله پیشین به دست خواهد آمد. منظور از تلفیق در اینجا اعمال ضرایب ماتریس وابستگی متقابل B بر یافته‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی W است. تلفیق این دو همان فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی است.

$$\omega_c = B.W \quad \text{رابطه (۴)}$$

اعداد مورد استفاده برای مقایسه زوجی در این روش، اعداد مثلثی فازی هستند. یک عدد فاز که در شکل ۲ نشان داده می‌شود به صورت (l, m, u) که به ترتیب نشان دهنده کمترین میزان ممکن، مقدار متعارف و بیشترین مقدار ممکن یک رویداد فازی هستند. هر عدد فازی در سمت چپ و راستش نشان دهنده خطی مقادیری است که با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می‌شوند. اعداد فازی مورد استفاده در پژوهش برای مقایسه زوجی در جدول ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: اعداد مثلثی M_1 و M_2

$$u_M(x) = \begin{cases} (x - l) / (m - l) & l \leq x \leq m \\ (u - x) / (u - m) & m \leq x \leq u \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{رابطه (۵)}$$

جدول ۲: اعداد فازی در مقایسه‌های زوجی AHP

میزان اهمیت	اعداد مثلثی فازی
۱	(۱, ۱, ۱)
۲	(۲/۴, ۲, ۱/۶)
۳	(۲/۴, ۳, ۳/۶)
۴	(۳/۲, ۴, ۴/۸)
۵	(۴, ۵, ۶)
۶	(۴/۸, ۶, ۷/۲)
۷	(۵/۶, ۷, ۸/۴)
۸	(۶/۴, ۸, ۹/۶)
۹	(۷/۲, ۹, ۱۰/۸)

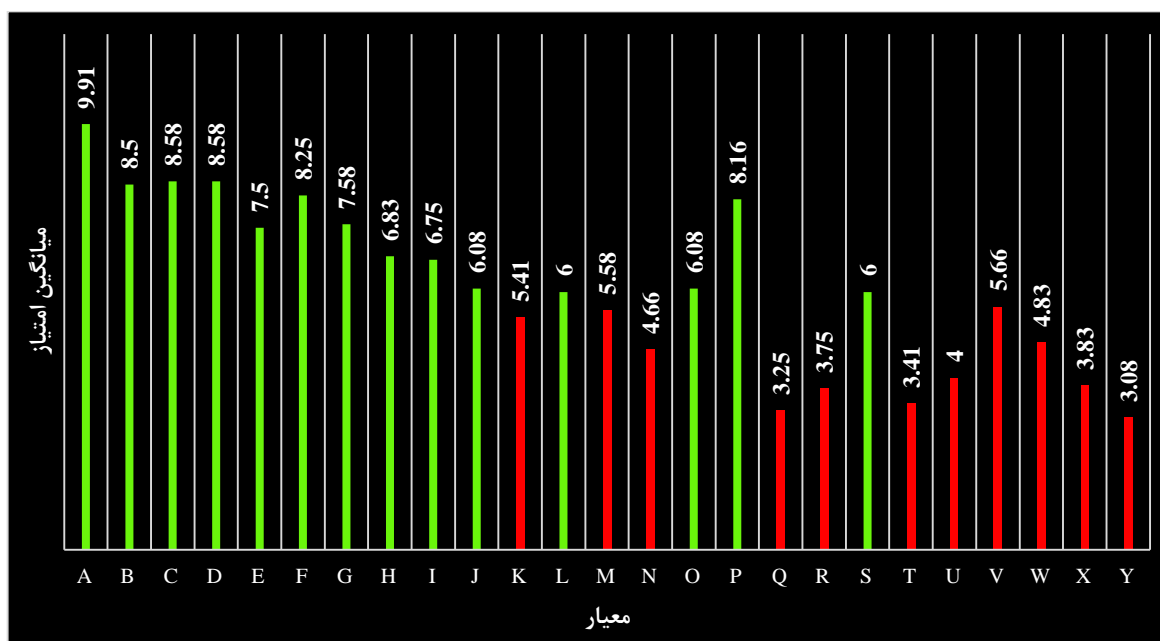
۳. یافته‌ها

در این بخش یافته‌های مدل پیشنهادی ارایه خواهد شد. یافته‌های فن دلفی در جدول و شکل ۳ نمایش داده شده‌اند.

جدول ۳: یافته‌های فن دلفی

پیشنهاد	معیارهای بیان شده بصورت ایده نخستین	اختصار
۱۱	وجود تسهیلات و شیوه‌های گوناگون حمل و نقل عمومی (ایستگاه مترو، اتوبوس، تاکسی و ...) و امکان دسترسی پیاده و با دوچرخه (حمل و نقل عمومی)	A
۹	پتانسیل تابش خورشید (توپوگرافی عوارض انسان ساخت)	B
۸	وضعیت معابر و پارکینگ عمومی برای دسترسی با اتوموبیل شخصی (قابلیت دسترسی با خودروی شخصی)	C
۸	فاصله از مدارس ابتدایی، راهنمایی و دبیرستان، دانشگاه‌ها و هنرستان، مراکز پژوهشی (فاصله از مراکز آموزشی و پژوهشی)	D
۸	وجود باد در ارتفاع حداکثر ۲۰ متری سطح زمین در منطقه (توپوگرافی عوارض طبیعی)	E

۶	مساحت قطعه زمین، کاربری اراضی برای امکان‌سنجی تملک زمین، برای مثال قطعه زمینی با مساحت بیشتر از ۳۰۰۰ متر مربع و کاربری فضای سبز، آموزشی عالی یا املاک تحت تملک یا اختیار شهرداری تهران و یا قابل تملک از لحاظ اقتصادی (مساحت قطعه زمین، کاربری اراضی)	F
۶	دسترسی به آب جاری با دبی بیش از ۲ گالن در دقیقه برای راه‌اندازی توربین آبی کوچک و یا امکان به‌کارگیری مجدد آبهای سطحی (Micro Hydro Electric) (دسترسی به منابع آب)	G
۵	نزدیکی به مسیرهای پیاده راه برای راه‌اندازی سیستم‌های پیژو الکتریک (پیاده‌مداری)	H
۵	فاصله از مراکز پر خطر همچون جایگاه‌های سوخت، مسیر کابل‌های فشارقوی، مسیرهای سیلابی، گسل‌ها و ... (فاصله از مراکز پر خطر)	I
۴	فاصله از مراکز جمعیتی	J
۴	امنیت (فاصله از مراکز پلیس و ...)	K
۳	سطح سواد و میزان مشارکت (شاخص‌های اجتماعی)	L
۳	دور بودن از نقاط دارای گونه‌های آلاینده‌ی همچون صوتی، هوای و آبی	M
۳	ارتفاع	N
۲	مجاورت با فضای عمومی سرزنده که زمینه حضور پرشور افراد و توریست‌ها را فراهم کند (کیفیت کاربری اراضی)	O
۲	سازگاری با کاربری‌های اطراف به منظور ارتقای عملکردهای طبیعی (کیفیت کاربری اراضی)	P
۲	در صورت امکان قابلیت استحصال انرژی زمین گرمایی وجود داشته باشد	Q
۲	تراکم پوشش گیاهی	R
۱	در معرض دید بودن (خوانایی)	S
۱	عدم قرار گرفتن در نقاط کور مخابراتی	T
۱	قابلیت تزریق انرژی به شبکه توزیع برق را داشته باشد	U
۱	امکانات توسعه‌ای در بلندمدت	V
۱	دسترسی مناسب سازمان‌های امدادی، هلال احمر، آتش‌نشانی و ...	W
۱	دسترسی آسان برای جانبازان و معلولین	X
۱	سرانه فضای سبز	Y



شکل ۳: یافته‌های پایانی فن دلفی (معیارهای مورد نظر)

معیارهای پایانی انتخاب شده به همراه زیر معیارها و شاخص‌های آنها در جدول ۴ نشان داده می‌شود. همچنین ماتریس‌های نسبت مستقیم، نسبت مستقیم نرمال شده، ماتریس T و یافته‌های پایانی دیماتل به ترتیب در جدول‌های ۵ تا ۸ نشان داده شده‌اند.

جدول ۴: معیارهای پایانی انتخاب شده به همراه زیر معیارها و شاخص‌های آنها

معیار	زیر معیار	لایه‌های مکانی مورد استفاده	
زیرساخت‌ها و تسهیلات حمل‌ونقل	حمل و نقل عمومی (C ₁)	ایستگاه مترو	
		پارک سوار	
		ایستگاه اتوبوس	
		BRT	
	قابلیت دسترسی با خودروی شخصی (C ₁)	محدودیت‌های ترافیکی	
		پارکینگ عمومی	
	فاصله از مراکز آموزشی و پژوهشی (C ₂)	دبستان	
		راهنمایی	
		دبیرستان	
		دانشگاه	
		آموزشگاه	
		کتابخانه	
		مراکز پژوهشی	
شاخص‌های جمعیتی و اجتماعی	فاصله از مراکز جمعیتی (C ₂)	تراکم (نفر در هکتار)	
		فضاهای جاذب جمعیت	سینما
			تئاتر
			نمایشگاه
			شهربازی
			مجتمع تجاری
راسته‌های بازار			
	شاخص‌های اجتماعی (C ₂)	سطح سواد	
		مشارکت	
		سرمایه اجتماعی	
		نسبت سنی	
		نسبت جنسی	
شاخص‌های محیطی	دسترسی به منابع آب (C ₃)	آب‌های سطحی	
		آب‌های زیر زمینی	

	شیب	توپوگرافی عوارض طبیعی و انسان ساخت (C ₃₂)	شاخص‌های کالبدی
	جهت شیب		
ارتفاع عوارض طبیعی	ارتفاع		
ارتفاع عوارض انسانی			
	گسل‌ها	فاصله از مراکز پر خطر (C ₃₂)	
	مسیل‌ها		
	زمین لغزش		
	رانس زمین		
	جایگاه سوخت		
	خطوط برق فشار قوی		
	شبکه گاز رسانی		
	اندازه قطعات زمین			اندازه قطعه، کاربری اراضی (C_{41})
	تجاری		
	مسکونی		
	فضای سبز		
	آموزشی - پژوهشی		
	بهداشتی - درمانی		
	معابر		
	فرهنگی - مذهبی		
	نظامی و انتظامی		
	تنوع		
	ترکیب کاربری	کیفیت کاربری اراضی (C ₄₂)	
	سازگاری با کاربری‌های اطراف		
	فاصله		آسایش
	مطلوبیت		
	کارایی		
	ایمنی	خوانایی (C ₄₃)	
	معابر مناسب	پیاده‌مداری (C ₄₄)	
	درب‌گیرندگی		
	امنیت		

جدول ۵: ماتریس نسبت مستقیم

C ₄₄	C ₄₃	C ₄₂	C ₄₁	C ₃₂	C ₃₂	C ₃₁	C ₂₂	C ₂₂	C ₂₁	C ₁₂	C ₁₁
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

۲,۲۸۵	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۱۴۲	۰,۵۷۱	۱,۱۴۲	۰,۴۲۸	۱,۵۷۱	۲,۵۷۱	۲,۴۲۸	۲,۰۰۰	۰,۰۰۰	C ₁
۱,۲۸۵	۱,۱۴۲	۰,۵۷۱	۱,۱۴۲	۰,۵۷۱	۲,۰۰۰	۰,۵۷۱	۱,۵۷۱	۲,۱۴۲	۱,۴۲۸	۰,۰۰۰	۲,۲۸۵	C ₁
۱,۴۲۸	۱,۰۰۰	۱,۴۲۸	۰,۸۵۷	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۲۸۵	۱,۸۵۷	۲,۰۰۰	۰,۰۰۰	۱,۸۵۷	۱,۴۲۸	C ₂
۱,۸۵۷	۱,۴۲۸	۰,۸۵۷	۲,۱۴۲	۱,۵۷۱	۲,۴۲۸	۱,۱۴۲	۲,۱۴۲	۰,۰۰۰	۲,۴۲۸	۲,۸۵۷	۲,۱۴۲	C ₂
۱,۰۰۰	۰,۸۵۷	۱,۰۰۰	۱,۷۱۴	۰,۷۱۴	۱,۲۸۵	۱,۰۰۰	۰,۰۰۰	۱,۱۴۲	۲,۱۴۲	۱,۴۲۸	۱,۴۲۸	C ₂
۰,۸۵۷	۰,۸۵۷	۰,۸۵۷	۱,۱۴۲	۰,۷۱۴	۱,۸۵۷	۰,۰۰۰	۰,۸۵۷	۱,۱۴۲	۰,۴۲۸	۰,۵۷۱	۰,۵۷۱	C ₃
۱,۵۷۱	۲,۱۴۲	۲,۱۴۲	۱,۵۷۱	۰,۸۵۷	۰,۰۰۰	۱,۷۱۴	۱,۲۸۵	۲,۲۸۵	۱,۱۴۲	۱,۷۱۴	۱,۴۲۸	C ₃
۰,۸۵۷	۰,۸۵۷	۰,۸۵۷	۱,۵۷۱	۰,۰۰۰	۱,۸۵۷	۰,۵۷۱	۰,۸۵۷	۱,۸۵۷	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۱۴۲	C ₃
۲,۱۴۲	۲,۲۸۵	۲,۰۰۰	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۲,۰۰۰	۰,۴۲۸	۱,۸۵۷	۲,۱۴۲	۱,۲۸۵	۱,۸۵۷	۱,۴۲۸	C ₄
۰,۷۱۴	۱,۰۰۰	۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۰,۸۵۷	۱,۲۸۵	۰,۵۷۱	۱,۵۷۱	۰,۷۱۴	۱,۲۸۵	۰,۸۵۷	۰,۸۵۷	C ₄
۱,۵۷۱	۰,۰۰۰	۱,۲۸۵	۱,۲۸۵	۰,۷۱۴	۲,۲۸۵	۰,۷۱۴	۱,۴۲۸	۱,۴۲۸	۱,۱۴۲	۱,۲۸۵	۱,۸۵۷	C ₄
۰,۰۰۰	۲,۵۷۱	۱,۲۸۵	۱,۸۵۷	۰,۴۲۸	۱,۷۱۴	۰,۵۷۱	۱,۷۱۴	۱,۲۸۵	۱,۲۸۵	۲,۲۸۵	۲,۱۴۲	C ₄

جدول ۶: ماتریس نسبت مستقیم نرمال شده

C ₄	C ₄	C ₄	C ₄	C ₃	C ₃	C ₃	C ₃	C ₃	C ₃	C ₂	C ₂	C ₁
۰,۱۰۳	۰,۰۹۰	۰,۰۴۵	۰,۰۵۱	۰,۰۲۶	۰,۰۵۱	۰,۰۱۹	۰,۰۷۱	۰,۱۱۶	۰,۱۱۰	۰,۱۳۶	۰,۰۰۰	C ₁
۰,۰۵۸	۰,۰۵۱	۰,۰۲۶	۰,۰۵۱	۰,۰۲۶	۰,۰۹۰	۰,۰۲۶	۰,۰۷۱	۰,۰۹۷	۰,۰۶۴	۰,۰۰۰	۰,۱۰۳	C ₁
۰,۰۶۴	۰,۰۴۵	۰,۰۶۴	۰,۰۳۹	۰,۰۴۵	۰,۰۴۵	۰,۰۱۳	۰,۰۸۴	۰,۰۹۰	۰,۰۰۰	۰,۰۸۴	۰,۰۶۴	C ₂
۰,۰۸۴	۰,۰۶۴	۰,۰۳۹	۰,۰۹۷	۰,۰۷۱	۰,۱۱۰	۰,۰۵۱	۰,۰۹۷	۰,۰۰۰	۰,۱۱۰	۰,۱۲۹	۰,۱۴۲	C ₂
۰,۰۴۵	۰,۰۳۹	۰,۰۴۵	۰,۰۷۷	۰,۰۳۲	۰,۰۵۸	۰,۰۴۵	۰,۰۰۰	۰,۰۵۱	۰,۰۹۷	۰,۰۶۴	۰,۰۶۴	C ₂
۰,۰۳۹	۰,۰۳۹	۰,۰۳۹	۰,۰۵۱	۰,۰۳۲	۰,۰۸۴	۰,۰۰۰	۰,۰۳۹	۰,۰۵۱	۰,۰۱۹	۰,۰۲۶	۰,۰۲۶	C ₃
۰,۰۷۱	۰,۱۴۲	۰,۰۹۷	۰,۰۷۱	۰,۰۳۹	۰,۰۰۰	۰,۰۷۷	۰,۰۵۸	۰,۱۰۳	۰,۰۵۱	۰,۰۷۷	۰,۰۶۴	C ₃
۰,۰۳۹	۰,۰۳۹	۰,۰۳۹	۰,۰۷۱	۰,۰۰۰	۰,۰۸۴	۰,۰۲۶	۰,۰۳۹	۰,۰۸۴	۰,۰۴۵	۰,۰۴۵	۰,۰۵۱	C ₃
۰,۰۹۷	۰,۱۰۳	۰,۰۹۰	۰,۰۰۰	۰,۰۴۵	۰,۰۹۰	۰,۰۱۹	۰,۰۸۴	۰,۰۹۷	۰,۰۵۸	۰,۰۸۴	۰,۰۶۴	C ₄
۰,۰۳۲	۰,۰۴۵	۰,۰۰۰	۰,۰۹۰	۰,۰۳۹	۰,۰۵۸	۰,۰۲۶	۰,۰۷۱	۰,۰۳۲	۰,۰۵۸	۰,۰۳۹	۰,۰۳۹	C ₄
۰,۰۷۱	۰,۰۰۰	۰,۰۵۸	۰,۰۵۸	۰,۰۳۲	۰,۱۰۳	۰,۰۳۲	۰,۰۶۴	۰,۰۶۴	۰,۰۵۱	۰,۰۵۸	۰,۰۸۴	C ₄
۰,۰۰۰	۰,۱۱۶	۰,۰۵۸	۰,۰۸۴	۰,۰۱۹	۰,۰۷۷	۰,۰۲۶	۰,۰۷۷	۰,۰۵۸	۰,۰۵۸	۰,۱۰۳	۰,۰۹۷	C ₄

جدول ۷: ماتریس T

D-R	D+R	D	C ₄	C ₄	C ₄	C ₄	C ₃	C ₃	C ₃	C ₃	C ₃	C ₂	C ₂	C ₂	C ₁
۶,۰۶۴	۳,۰۴۸	۳,۰۱۵	۰,۲۸۹	۰,۲۹۳	۰,۲۰۲	۰,۲۴۳	۰,۱۳۶	۰,۲۷۱	۰,۱۱۸	۰,۲۷۳	۰,۳۳۲	۰,۳۰۲	۰,۳۵۹	۰,۲۲۶	C ₁
۶,۰۹۷	۳,۰۸۱	۳,۰۶۰	۰,۲۶۰	۰,۳۴۰	۰,۲۵۲	۰,۲۶۳	۰,۱۴۹	۰,۲۲۵	۰,۱۷۴	۰,۲۶۰	۰,۳۱۹	۰,۲۴۸	۰,۳۰۳	۰,۲۸۳	C ₂
۵,۷۲۶	۲,۵۴۶	۳,۱۷۹	۰,۲۱۹	۰,۲۲۸	۰,۱۶۱	۰,۲۱۱	۰,۱۱۸	۰,۲۶۷	۰,۱۱۰	۰,۲۳۸	۰,۲۸۰	۰,۲۳۱	۰,۱۹۹	۰,۲۸۲	C ₂
۵,۱۱۶	۲,۳۸۶	۲,۷۳۰	۰,۲۱۱	۰,۲۰۶	۰,۱۸۵	۰,۱۹۱	۰,۱۳۰	۰,۲۱۶	۰,۰۹۱	۰,۲۳۹	۰,۲۵۹	۰,۱۵۸	۰,۲۶۱	۰,۲۳۵	C ₃
۵,۷۵۹	۳,۰۰۶	۲,۶۹۰	۰,۲۸۳	۰,۳۰۸	۰,۲۴۶	۰,۱۹۷	۰,۱۵۴	۰,۳۰۶	۰,۱۲۱	۰,۲۸۴	۰,۳۱۴	۰,۲۵۶	۰,۳۱۱	۰,۲۸۴	C ₄
۳,۰۷۴	۱,۶۹۳	۱,۳۸۰	۰,۱۴۴	۰,۱۵۷	۰,۱۲۹	۰,۱۵۸	۰,۰۹۳	۰,۲۰۲	۰,۰۵۷	۰,۱۴۹	۰,۱۷۳	۰,۱۲۸	۰,۱۵۳	۰,۱۴۶	C ₄
۵,۵۱۳	۲,۸۶۷	۲,۶۴۶	۰,۱۸۳	۰,۳۰۶	۰,۲۰۷	۰,۲۵۹	۰,۱۲۲	۰,۲۸۰	۰,۱۱۹	۰,۲۶۵	۰,۲۶۸	۰,۲۴۳	۰,۳۱۴	۰,۲۹۷	C ₄
۳,۶۷۸	۲,۱۵۲	۱,۵۲۵	۰,۱۷۵	۰,۱۸۸	۰,۱۵۲	۰,۲۰۴	۰,۰۷۹	۰,۲۳۵	۰,۰۹۷	۰,۱۸۲	۰,۲۳۸	۰,۱۸۴	۰,۲۰۸	۰,۲۰۵	C ₃
۶,۷۱۹	۳,۶۱۷	۳,۱۰۲	۰,۳۰۸	۰,۳۱۲	۰,۲۲۹	۰,۳۱۷	۰,۱۹۶	۰,۳۶۰	۰,۱۶۶	۰,۳۳۱	۰,۲۷۱	۰,۳۳۸	۰,۳۹۵	۰,۳۹۰	C ₂
۵,۰۹۹	۲,۲۹۱	۲,۸۰۷	۰,۱۸۸	۰,۱۹۵	۰,۱۶۵	۰,۲۱۷	۰,۱۱۴	۰,۲۱۹	۰,۱۱۷	۰,۱۵۳	۰,۲۱۹	۰,۲۳۹	۰,۲۳۵	۰,۲۲۵	C ₂
۴,۱۹	۱,۹۶۶	۲,۲۲۹	۰,۱۵۶	۰,۱۷۹	۰,۱۰۶	۰,۲۰۹	۰,۱۰۸	۰,۱۹۶	۰,۰۸۹	۰,۱۹۸	۰,۱۷۷	۰,۱۸۲	۰,۱۸۵	۰,۱۷۷	C ₄
۵,۴۳۳	۲,۵۳۹	۲,۸۹۴	۰,۲۲۸	۰,۱۷۸	۰,۱۹۱	۰,۲۱۷	۰,۱۲۳	۰,۲۷۸	۰,۱۱۶	۰,۲۳۰	۰,۲۴۹	۰,۲۱۵	۰,۲۴۹	۰,۲۶۱	C ₄
			۲,۶۴۶	۲,۸۹۴	۲,۲۲۹	۲,۶۹۰	۱,۵۲۵	۳,۰۶۰	۱,۳۸۰	۲,۸۰۷	۳,۱۰۲	۲,۷۳۰	۳,۱۷۹	۳,۰۱۵	R

حد آستانه: ۰/۲۱۷

جدول ۸: ماتریس یافته‌های پایانی دیماتل با در نظر گرفتن حد آستانه

C ₄	C ₄	C ₄	C ₄	C ₃	C ₃	C ₃	C ₃	C ₃	C ₂	C ₂	C ₁
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

1	1	.	1	.	1	.	1	1	1	1	1	1	Ch
1	1	.	.	.	1	.	1	1	1	.	1	1	Ch
.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	1	1	1	Ch
1	1	1	1	.	1	.	1	1	1	1	1	1	Ch
.	.	.	.	.	1	.	.	1	1	1	1	1	Ch
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ch
1	1	1	1	.	1	.	1	1	1	1	1	1	Ch
.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	Ch
1	1	1	.	.	1	.	1	1	1	1	1	1	Ch
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ch
1	.	.	1	.	1	.	1	1	.	1	1	1	Ch
.	1	.	1	.	1	.	1	1	1	1	1	1	Ch

در تعیین و وزن دهی معیارهای مکان‌یابی بوستان انرژی FANP گام پایانی پژوهش خواهد بود که با توجه به روش پیشنهادی در بخش پیشین، نخست وزن این زیرمعیارها با استفاده از FAHP محاسبه شد و در جدول ۹ آورده شده است.

جدول ۹: اوزان پایانی برای هر کدام از معیارها و زیرمعیارها در FAHP (W)

شاخص‌های کالبدی				شاخص‌های محیطی			شاخص‌های جمعیتی و اجتماعی			زیر ساخت و تسهیلات		معیار
۰,۳۷۹۲				۰,۲۳۹۲			۰,۲۶۸۴			۰,۱۱۳۱		وزن معیارها
بیمه معاری	خیابانی (در معرض دید بودن)	کشیت کاربری ازاقسی	اندازه قطعه و کاربری ازاقسی	فاصله از مراکز خطر	توپوگرافی عوارض طبیعی و آسان ساخت	دسترسی به منابع آب	شاخص‌های اجتماعی	فاصله از مراکز جمعیتی	مراکز آموزشی و پژوهشی	قابلیت دسترسی با خودروی شخصی	حمل و نقل عمومی	زیرمعیار
۰,۰۰۱۴	۰,۲۶۲۳	۰,۲۲۸۸	۰,۵۰۷۶	۰,۱۴۶۳	۰,۷۰۷۳	۰,۱۴۶۳	۰,۲۲۶۹	۰,۳۲۴۲	۰,۴۴۸۹	۰,۳۱۶۷	۰,۶۸۳۳	وزن زیرمعیارها (ترمال نشده)
۰,۰۰۰۵	۰,۰۹۹۵	۰,۰۸۶۸	۰,۱۹۲۵	۰,۰۳۵۰	۰,۱۶۹۲	۰,۰۳۵۰	۰,۰۶۰۹	۰,۰۸۷۰	۰,۱۲۰۵	۰,۰۳۵۸	۰,۰۷۷۳	وزن نهایی (ترمال شده)

در گام پایانی برای محاسبه وزن نهایی زیرمعیارها می‌بایست نتایج تکنیک دیماتل در وزن‌های زیرمعیارها که در جدول ۹ آورده شده ضرب شود. نتایج دیماتل به صورت سوپر ماتریس رابطه زیر معیارها در جدول ۱۰ نشان داده شده است. در پایان محاسبه‌های رابطه ۵ و وزن‌های نهایی روش FANP در شکل ۴ و جدول ۱۱ نشان داده شده است.

جدول ۱۰: سوپر ماتریس رابطه زیرمعیارها (B)

C _۴	C _۴	C _۴	C _۴	C _۳	C _۳	C _۳	C _۲	C _۲	C _۲	C _۱	C _۱	
۰,۵۸۷	۰,۰۵۱	۰,۰۵۲	۰,۰۵۲	۰,۰۴۷	۰,۰۰۰	۰,۰۵۱	۰,۰۰۰	۰,۰۹۳	۰,۰۰۰	۰,۰۵۳	۰,۰۵۵	C _۱
۰,۰۵۵	۰,۰۰۹	۰,۰۵۲	۰,۰۵۲	۰,۰۴۶	۰,۰۰۰	۰,۰۵۳	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۵۶	۰,۰۵۱	C _۱
۰,۰۵۸	۰,۰۴۷	۰,۰۶۳	۰,۰۵۱	۰,۰۴۹	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	C _۲
۰,۰۵۹	۰,۰۴۷	۰,۰۵۲	۰,۰۵۷۷	۰,۰۴۳	۰,۰۰۰	۰,۰۵۴	۰,۰۰۰	۰,۰۹۱	۰,۰۷۳	۰,۰۵۶	۰,۰۵۱	C _۲
۰,۰۵۸	۰,۰۴۷	۰,۰۴۷	۰,۰۵۴	۰,۰۶۱۷	۰,۰۰۰	۰,۰۵۳	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	C _۲
۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	C _۳
۰,۰۶۱	۰,۰۴۷	۰,۰۵۲	۰,۰۵۲	۰,۰۴۷	۰,۰۰۰	۰,۰۵۳	۰,۰۰۰	۰,۰۹۲	۰,۰۷۳	۰,۰۵۹	۰,۰۵۵	C _۳
۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۵۲	۱,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	C _۳
۰,۰۵۸	۰,۰۵۳	۰,۰۵۸	۰,۰۵۴	۰,۰۵۵	۰,۰۰۰	۰,۰۵۴	۰,۰۰۰	۰,۰۳۵	۰,۰۷۰	۰,۰۶۱	۰,۰۵۷	C _۴
۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۷۸۳	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	C _۴
۰,۰۶۰	۰,۰۴۷	۰,۰۰۰	۰,۰۵۱	۰,۰۴۶	۰,۰۰۰	۰,۰۵۵	۰,۰۰۰	۰,۰۹۳	۰,۰۰۰	۰,۰۶۵۹	۰,۰۵۴	C _۴

$$\begin{matrix} C1_1 \\ C1_2 \\ C2_1 \\ C2_2 \\ C2_3 \\ C3_1 \\ C3_2 \\ C3_3 \\ C4_1 \\ C4_2 \\ C4_3 \\ C4_4 \end{matrix} W = \begin{bmatrix} 0.0556 & 0.0537 & 0.0000 & 0.0932 & 0.0000 & 0.0517 & 0.0000 & 0.0473 & 0.0529 & 0.0525 & 0.0513 & 0.5879 \\ 0.0516 & 0.0567 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0539 & 0.0000 & 0.0468 & 0.0522 & 0.0520 & 0.6098 & 0.0557 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0499 & 0.0516 & 0.6322 & 0.0473 & 0.0581 \\ 0.0518 & 0.0569 & 0.0730 & 0.0919 & 0.0000 & 0.0541 & 0.0000 & 0.0435 & 0.5779 & 0.0522 & 0.0479 & 0.0592 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0531 & 0.0000 & 0.6172 & 0.0540 & 0.0478 & 0.0474 & 0.0581 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0552 & 0.0591 & 0.0730 & 0.0921 & 0.0000 & 0.5738 & 0.0000 & 0.0470 & 0.0524 & 0.0522 & 0.0477 & 0.0616 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 & 0.0523 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0525 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0579 & 0.0616 & 0.0704 & 0.5359 & 0.0000 & 0.0549 & 0.0000 & 0.0551 & 0.0548 & 0.0587 & 0.0535 & 0.0586 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.7836 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0544 & 0.6592 & 0.0000 & 0.0935 & 0.0000 & 0.0550 & 0.0000 & 0.0461 & 0.0517 & 0.0000 & 0.0470 & 0.0609 \\ 0.6735 & 0.0530 & 0.0000 & 0.0934 & 0.0000 & 0.0512 & 0.0000 & 0.0472 & 0.0528 & 0.0525 & 0.0480 & 0.0564 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.0773 \\ 0.0358 \\ 0.1205 \\ 0.0870 \\ 0.0609 \\ 0.0350 \\ 0.1692 \\ 0.0350 \\ 0.1925 \\ 0.0868 \\ 0.0995 \\ 0.0005 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0932 \\ 0.0546 \\ 0.0899 \\ 0.1044 \\ 0.0632 \\ 0.0350 \\ 0.1472 \\ 0.0484 \\ 0.1464 \\ 0.0680 \\ 0.1066 \\ 0.0521 \end{bmatrix}$$

شکل ۴: محاسبه پایانی بر پایه رابطه ۵

۴. بحث و نتیجه‌گیری

همانگونه که بیان شد بوستان‌های انرژی مفهومی نو در برنامه‌ریزی کاربری اراضی در شهرهاست. با توجه به پیشینه بسیار مختصری که در این زمینه یافت شد می‌توان بیان نمود که تقریباً شرایط، قواعد و معیارهای مدونی برای مکان‌یابی بوستان انرژی وجود ندارد. بنابراین در این پژوهش با ارایه مدلی ترکیبی به بررسی و تعیین معیارهای مکان‌یابی بوستان انرژی برپایه نظر کارشناسان رشته‌های گوناگون و مرتبط پرداخته شد. که در پایان معیارهای و زیرمعیارهای که در جدول ۱۱ به همراه وزن پایانی آنها بیان شده‌اند به عنوان نتایج مدل پیشنهادی و معیارهای پایانی مکان‌یابی بوستان انرژی انتخاب شدند.

جدول ۱۱: اوزان پایانی هر کدام از معیارها و زیرمعیارها با استفاده از مدل Fuzzy ANP

معیار			زیر ساخت و تسهیلات حمل و نقل		شاخص‌های جمعیتی و اجتماعی			شاخص‌های محیطی			شاخص‌های کالبدی		
زیرمعیار	حمل و نقل عمومی	قابلیت دسترسی با خودروی شخصی	فاصله از مراکز آموزشی و پژوهشی	فاصله از مراکز جمعیتی	شاخص‌های اجتماعی	دسترسی به آب جاری	توپوگرافی عوارض طبیعی و انسان ساخت	فاصله از مراکز خطر	اندازه قطعه و کاربری اراضی	کیفیت کاربری اراضی	خوانایی (در معرض دید بودن)	پیاده‌مداری	

۰،۰۵۲۱	۰،۰۱۰۶۶	۰،۰۰۶۸۰	۰،۰۱۴۶۴	۰،۰۰۴۸۴	۰،۰۱۴۷۲	۰،۰۰۳۵۰	۰،۰۰۱۶۳۲	۰،۰۱۰۴۴	۰،۰۰۸۹۹	۰،۰۰۵۴۶	۰،۰۰۹۳۲	وزن
--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	----------	---------	---------	---------	---------	-----

در پایان با بیان اینکه برنامه‌ریزی شهری بخاطر پیچیده و چند معیاره بودن ماهیت تصمیم‌ها نیازمند دقت و دید همه‌جانبه است می‌توان بیان نمود سیستم‌های پشتیبان تصمیم همچون دلفی، دیماتل و فرایند تحلیل شبکه فازی که دانش و هوش جمعی را برای پیشنهاد و انتخاب بهترین تصمیم بکار می‌گیرد، چاره ساز مدیران شهری خواهد بود. همچنین پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های برای مکان‌یابی عملی بوستان انرژی با توجه به معیارهای تعیین شده در این پژوهش انجام گیرد تا عملی بودن این مدل و شاخص‌ها به بحث گذاشته شود.

منابع

۱. اطلس کلانشهر تهران، بخش سرزمین
۲. معاونت پژوهشی دانشگاه شریف، (۱۳۹۲) مطالعه و مکان‌یابی پارک انرژی در پارک‌های منتخب شهرداری منطقه ۲۰. مرکز مطالعات شهرداری تهران.
۳. رضایور کامبیز و بهاره ارغند، (۱۳۹۰) پارک انرژی، راهکاری نو در بهینه سازی انرژی و حفظ محیط زیست. گزارش فنی دفتر بهبود بهره وری و اقتصاد برق و انرژی. گروه بهینه سازی عرضه برق و انرژی.
۴. رضایور کامبیز و بهاره ارغند، (۱۳۹۱) مقدمه ای بر طراحی مفهومی پارک انرژی در کشور. گزارش فنی دفتر بهبود بهره وری و اقتصاد برق و انرژی. گروه بهینه سازی عرضه برق و انرژی.
۵. میرگلورزی سید محسن، (۱۳۹۲) امکان سنجی نصب کالکتورهای انرژی خورشیدی و توربین های بادی در منطقه ۱۳ (حاشیه شرقی منطقه، مرتبط با قطب گردشگری). مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران
۶. خمر غلامعلی، شاهرادی لقمان و اکبر حیدری تاشه کبود، (۱۳۹۲) معیارهای مکان‌یابی پارک‌های شهری برای ارتقاء محیط اجتماعی (مطالعه موردی پارک یعقوب لیث شهر زابل). مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال چهارم، شماره دوازدهم، صص ۱۱۷-۱۳۴.

۷. آقابراهیمی سامانی بابک، ماکویی احمد و محمد همایون صدر لاهیجانی (۱۳۸۷) ارزیابی چالش‌های شرکت‌های ایرانی در پروژه‌های نفت و گاز به روش DEMATEL. مجله علمی و پژوهشی شریف، شماره ۴۵، ۱۲۹-۱۲۱.

۸. اصغریور محمد جواد (۱۳۸۲) تصمیم‌گیری گروهی و نظریه بازی‌ها با نگرش تحقیق در عملیات. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۴۱۸.

۹. Dağdeviren, M., Yavuz, S. and Kılınc, N., "Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment", *Expert Systems with Applications*, Vol. ۳۶, (۲۰۰۹), ۸۱۴۳-۸۱۵۱.
۱۰. Mourmouris J.C., Potolias (۲۰۱۳) A multi-criteria methodology for energy planning and developing renewable energy sources at a regional level: A case study Thassos, Greece, *Energy Policy (Special Section: Transition Pathways to a Low Carbon Economy)*, Volume ۵۲, Pages ۵۲۲-۵۳۰.
۱۱. Taskin Gumus, A., "Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology", *Expert Systems with Applications*, Vol. ۳۶, (۲۰۰۹), ۴۰۶۷-۴۰۷۴.
۱۲. Tavakkoli-Moghaddam R., Mousavi S.M., Heydar M.: An integrated AHP-VIKOR methodology for plant location selection. *Int. J. Eng. Trans. B Appl.* ۲۴(۲), ۱۲۷-۱۳۷ (۲۰۱۱).
۱۳. The National Association of Regulatory Utility Commissioners, ۲۰۱۲. *Wind Energy & Wind Park Siting and Zoning Best Practices and Guidance for States*, A report for the Minnesota Public Utilities Commission Funded by the U.S. Department of Energy, ۱۸۲.
۱۴. Uygun, Ö., Kaçamak, H., & Kahraman, Ü. A. (۲۰۱۴). An integrated DEMATEL and Fuzzy ANP techniques for evaluation and selection of outsourcing provider for a telecommunication company. *Computers & Industrial Engineering*.
۱۵. Rylatt, R.M., Gadsen, S. and K. Lomas (۲۰۰۳) **Using GIS to estimate the replacement potential of solar energy for urban dwellings**. *Environment and Planning B, Planning and Design*, ۳۰ (۱), pp. ۵۱-۶۸.

16. Hadar, M. and Hader, S. (1995) Delphi und Kognitions Psychology: Ein Zugang Zur, Theoretischen Fundierung Der Delphi-Methods, ZUMA-Nachrichten, Vol. 37, No. 19, 1-16.
17. Shieh, J.I., Wu H.H. and K.K. Huang (2010) **A DEMATEL Method in Identifying Key Success Factors of Hospital Service Quality**. Knowledge-Based Systems, Vol.23, No.3, 277-282.
18. Tzeng G.H., Chiang C.H. and C.W. Li (2007) **Evaluating Intertwined Effects in E-learning Programs: a Novel Hybrid MCDM Model Based on Factor Analysis and DEMATEL**. Expert Systems with Applications: An International Journal. Vol.32, No.4, 1028-1044.