

## ارائه رویکردی نوین در مکان‌یابی بهینه ساختمان مراکز دیسپاچینگ برق به روش ترکیبی EAHP با در نظر گرفتن معیارهای پدافند غیرعامل

محسن کیا<sup>۱</sup>، حبیب‌اله اعلمی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ۲- استادیار، دانشگاه جامع امام حسین (ع)

(دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۰۵، پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۱۰)

### چکیده

با توجه به اهمیت بالای مراکز کنترل و دیسپاچینگ و نقش بسیار حساسی که این مراکز در کنترل و مدیریت نیروگاه‌ها و شبکه سراسری برق کشور ایفا می‌کنند، مکان‌یابی بهینه با رعایت تمام استانداردهای فنی و امنیتی به ویژه معیارهای پدافند غیرعامل در هنگام احداث ساختمان این مراکز، امری حیاتی است. از آنجا که برخی ساختمان‌های کنونی از عمر نسبتاً بالایی برخوردار بوده و استانداردهای امنیتی اعم از قدرت مواجهه با حوادث طبیعی، غیرطبیعی، حملات دشمن و همچنین استانداردهای فنی همچون پتانسیل گسترش و توسعه سیستم در آن به‌خوبی رعایت نشده است، در عملیات گسترش و بازسازی مراکز و احداث مراکز جدید در حوزه مدیریت شبکه برق، می‌توان از روش پیشنهادی در این مقاله استفاده نمود. برای رسیدن به این هدف در گام اول نیاز به یک مکان‌یابی جامع مبتنی بر کلیه معیارها و دیدگاه‌های علمی، فنی و تجربی وجود دارد. مهم‌ترین این معیارها عبارتند از معیار پدافند غیرعامل، مخاطرات طبیعی و غیرطبیعی، عمرانی، اقتصادی، عملکرد فنی و رفاهی کارکنان. در مقاله حاضر با توجه به وجود معیارهای متعدد و ناهمجنس در مکان‌یابی ساختمان‌های مراکز کنترل و دیسپاچینگ، به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری‌های چند معیاره (MCDM) پیشنهاد می‌شود. در این روش پیشنهادی، با استفاده از ترکیب تکنیک آنتروپی و روش تحلیل سلسله مراتبی (EAHP) که از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است، به مکان‌یابی ساختمان مراکز کنترل برق پرداخته می‌شود.

**کلید واژه‌ها:** مراکز دیسپاچینگ، پدافند غیرعامل، تکنیک آنتروپی، تحلیل سلسله مراتبی.

## A New Approach for Optimal Location of Power Dispatching Centers Based on Passive Defence Criteria Using EAHP

M. Kia, H. A. Aalami\*

Imam Hossein University

(Received: 27/07/2013; Accepted: 01/12/2013)

### Abstract

According to the importance of control and dispatching centers and their critical role in the control and management of the power plants and transmission networks, construction of the dispatching centers based on the security and technical standards is vital for power systems. Existing buildings of dispatching centers are relatively old, and security standards and requirements to deal with the natural disasters and enemy attacks are not met, and also, technical standards for potential development of these centers are not considered. In this paper a method is proposed which be used to develop and reconstruct the existing control centers or new buildings. First, a comprehensive optimal location criterion is required in such a way that it could be able to cover all the scientific, technical and experimental aspects. The most important criteria include passive defence consideration, natural and unnatural disasters, civil, economic, technical performance and welfare of employees. Here in, a method is proposed to find the optimum location of dispatching control centers considering several criteria through a multi-criteria decision-making (MCDM) method. The method combines an AHP and entropy techniques (EAHP).

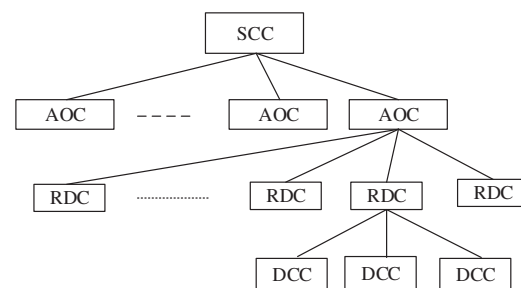
**Keywords:** Power Dispatching Centers, Passive Defence, Entropy Technique, Analytic Hierarchy Process.

\*Corresponding author E-mail: halami@ihu.ac.ir

## ۱. مقدمه

با توجه به گستردگی ابعاد شش‌گانه زنجیره تأمین انرژی الکتریکی شامل منبع اولیه، تولید، توزیع، انتقال، مصرف، ذخیره‌سازی و همچنین هم‌زمانی تولید، مصرف و تنظیم مداوم آن، کنترل، نظارت و مدیریت هر لحظه شبکه برق امری حیاتی است. در صورت عدم حضور یک مرکز کنترل قوی و نظارت مداوم بر شبکه، امکان اختلال در عملکرد شبکه وجود داشته و تضمینی برای به‌دست آمدن معیارهای قابلیت اطمینان اعم از کفایت و امنیت سیستم مقدور نخواهد بود. برخی از وظایف مهم مراکز کنترل و دیسپاچینگ شامل بهینه‌سازی تولید و انتقال شبکه، ایجاد تعادل بین تولید و مصرف، هماهنگی بین زنجیره تولید، انتقال، توزیع و مصرف در گستره جغرافیایی می‌باشد. دور بودن مراکز تولید و مصرف، حجم بسیار بالای اطلاعات به دلیل وجود تعداد زیادی از نیروگاه‌ها، پست‌ها و تأسیسات مربوطه، به هم پیوسته بودن شبکه، آمادگی برای مواجهه با شرایط بحرانی و افزایش امنیت شبکه، بخش بار بهینه با توجه به محدودیت‌های شبکه و تضمین پارامترهای قابلیت اطمینان و بهینه‌سازی، برآورد هزینه‌ها و بررسی‌های اقتصادی شبکه به همراه تحلیل‌های بازار برق گوشه‌ای از عظمت کار این مراکز را نشان می‌دهد.

تا قبل از دهه هفتاد فقط یک مرکز دیسپاچینگ به‌صورت متمرکز کنترل و نظارت بر شبکه ایران را انجام می‌داد. پس از توسعه و گسترش شبکه، دیگر یک مرکز قادر نبود که بر تمام قسمت‌های شبکه نظارت و مدیریت کند، از این رو با تغییر در ساختار، دیسپاچینگ مرکزی، دیسپاچینگ مناطق، دیسپاچینگ توزیع (DCC<sup>۱</sup>) و فوق توزیع (RDC<sup>۲</sup>) به‌وجود آمدند. شکل (۱) پیکره‌بندی مراکز کنترل و دیسپاچینگ کنونی ایران را نشان می‌دهند [۱]. در حال حاضر دیسپاچینگ مرکزی، دیسپاچینگ‌های مناطق (AOC)، دیسپاچینگ‌های پست نیروگاه‌ها (تحت عنوان فوق توزیع و توزیع) کنترل و مدیریت شبکه را انجام می‌دهند. کنترل شبکه به‌طور کامل بر عهده دیسپاچینگ ملی یا SCC<sup>۳</sup> است. براساس دستورالعمل مدیریت شبکه برق ایران SCC قسمت‌هایی از وظایف خود را به دیسپاچینگ مناطق (AOC<sup>۴</sup>) واگذار کرده است [۱].



شکل ۱. پیکره‌بندی مراکز دیسپاچینگ کنونی برق ایران [۱]

جایابی بهینه مراکز حساس و استراتژیک از دغدغه‌های همیشگی محققان بوده است. در مقاله‌ای به مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های رادار با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند منظوره پرداخته شده است [۲]. در مقاله دیگری با استفاده از روش تحلیل چند معیاره TOPSIS<sup>۵</sup> در بستر سامانه نرم‌افزاری GIS به بررسی و مدل‌سازی عوامل مؤثر در مکان‌یابی یک نیروگاه برق آبی با در نظر گرفتن معیارهای پدافند غیرعامل پرداخته شده است [۳]. در پژوهش دیگری با ارائه یک مدل ریاضی و ترکیبی به مکان‌یابی سایت‌های راداری سطحی با ملاحظات پدافند عامل و غیرعامل پرداخته شده است [۴]. در مقاله‌ای نیز به ارائه یک الگو برای جانمایی و چیدمان داخلی یک بندر فرضی با ملاحظات پدافند غیرعامل پرداخته شده است [۵]. در مقاله دیگری به ارزیابی مکان‌های کارایی شبکه‌های ارتباطی محلی از منظر پدافند غیرعامل در شرایط پس از زمین‌لرزه پرداخته شده است [۶].

در این مقاله روشی نوین برای انتخاب محل مناسب احداث ساختمان‌های مراکز کنترل و دیسپاچینگ برق پیشنهاد شده است. روش پیشنهادی از ترکیب فن آنتروپی و روش تحلیل سلسله مراتبی به‌دست می‌آید که هر دو روش از زیر مجموعه روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۶</sup> هستند. لازم به ذکر است که روش پیشنهادی روشی علمی- عملی است که به‌راحتی قابل اعمال برای مکان‌یابی‌های مراکز کنترل در سطوح مختلف می‌باشد. در جمع‌آوری و همگرایی اطلاعات و پردازش نظرات کارشناسان، فن‌های متعددی وجود دارد که در این مقاله، فن دلفی<sup>۷</sup> مورد استفاده قرار گرفته است.

ادامه مقاله به‌صورت ذیل سازماندهی شده است. در بخش ۲، به معرفی استانداردهای جهانی مراکز کنترل از لحاظ پدافند غیرعامل پرداخته شده است. بخش ۳، مدل پیشنهادی بر مبنای فن آنتروپی و روش سلسله مراتبی (AHP<sup>۸</sup>) ارائه شده است. بخش ۴، به معرفی معیارها و گزینه‌های مناسب جهت مکان‌یابی ساختمان مرکز کنترل و دیسپاچینگ پرداخته شده است. در بخش ۵ روش پیشنهادی بر روی گزینه‌های کاندید پیاده‌سازی شده است. در نهایت، در بخش ۶ نتیجه‌گیری مقاله آورده شده است.

## ۲. استانداردهای جهانی مراکز کنترل از لحاظ پدافند

## غیرعامل

پدافند غیرعامل شامل طرح‌ریزی‌ها و اقداماتی است که موجب کاهش آسیب‌پذیری، افزایش پایداری، تداوم فعالیت دستگاه‌ها و نهادهای نظام در مقابل تهدیدات خارجی گردیده و مستلزم به‌کارگیری سلاح نباشد (دفاع غیر مسلحانه). به عبارتی دیگر، به کلیه اقدامات احتیاطی (به غیر استفاده از جنگ افزار و تسلیحات)، به‌منظور به حداقل رساندن صدمات و خسارت ناشی از حملات دشمن گفته می‌شود. دفاع غیرعامل شامل اعلام خبر، استتار، اختفا،

<sup>۵</sup> Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

<sup>۶</sup> Multi Attribute Decision Making (MADM)

<sup>۷</sup> Delphi Technique

<sup>۸</sup> Analytic Hierarchy Process (AHP)

<sup>۱</sup> Distribution Control Center (DCC)

<sup>۲</sup> Regional Dispatching Center (RDC)

<sup>۳</sup> System Control Center (SCC)

<sup>۴</sup> Area Operating Center (AOC)

فنی و مدیریتی داخلی، نظارت و ارزیابی می‌توان در مورد تأمین امنیت انرژی الکتریکی کشور در مواقع بحران اطمینان خاطر داشت.

### ۳. مدل پیشنهادی فن آنتروپی و تحلیل سلسله مراتبی (EAHP)

دنیای اطراف ما مملو از مسائل چند معیاره است و انسان‌ها همیشه مجبور به تصمیم‌گیری در این زمینه‌ها هستند. تصمیم‌گیری در حالاتی که معیارهای چندگانه (اعم از کیفی و کمی) وجود دارند، همواره با مشکلاتی مواجه است. فقدان استاندارد برای اندازه‌گیری معیارهای کیفی یا به عبارت دیگر فقدان واحد برای تبدیل معیارهای کمی و کیفی به یکدیگر از اصلی‌ترین این مشکلات به حساب می‌آید [۱۵].

فن‌های تصمیم‌گیری به تصمیم‌گیرنده کمک می‌کنند که وضعیت مشکل و پیچیده موجود را بفهمد و قضاوت‌های مناسبی داشته باشد. تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه به دلایل متعددی به عنوان رویکردی مناسب برای مواجهه با مسائل دنیای واقعی مطرح هستند. پیچیدگی مسئله تصمیم‌گیری به دلیل وجود معیارها و گزینه‌های متعدد، وجود محدودیت‌های متعدد (نظیر زمان و منابع موجود در یک فرآیند تصمیم‌گیری)، دشواری یافتن جواب بهینه‌ای که برای همه راضی‌کننده است و در نهایت تضاد بسیاری از معیارها با یکدیگر همه از دلایل گرایش به این روش‌ها محسوب می‌شود [۱۶]. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به منظور حل مسائل بهینه‌سازی به‌کار می‌روند که در این مسائل تابع هدف (معیارها) خود از توابع هدف (معیارهای) مختلفی تشکیل شده است که از یک جنس نبوده و ناهمگون می‌باشند و بهینه‌سازی یک هدف (معیار) موجب کمینه‌سازی هدف (معیار) دیگر می‌شود. پس از حل این گونه مسائل معمولاً یک بازه و فضای بهینه به‌دست می‌آید که در آن همه اهداف به‌طور نسبی (با توجه به رتبه معیارها) بهینه شده‌اند و یک نقطه اپتیمم حاصل نمی‌شود.

فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها و فن‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است. فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی یک روش تصمیم‌گیری مبتنی بر انجام مقایسه‌های نسبی (زوجی) است. این روش با استفاده از یک شبکه تصمیم‌گیری چند سطحی تک جهتی، با شاخص‌ها و معیارهای چندگانه در لایه‌های مختلف، برای رتبه‌بندی یا تعیین ضریب اهمیت گزینه‌های مختلف یک فرآیند تصمیم‌گیری پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس روش AHP بر اساس مقایسه‌های زوجی یا دو دویی گزینه‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری است. برای چنین مقایسه‌ای نیاز به جمع‌آوری اطلاعات از تصمیم‌گیرندگان است. روش AHP یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند شاخصه است که در سال ۱۹۷۰ توسط ساعتی ابداع شد [۱۷]. در این مقاله با ترکیب روش‌های

تفرقه، پراکندگی، اجرای استحکامات، فریب و کنترل خسارت می‌باشد [۷ و ۸].

کشور ما ایران، به عنوان کشوری قدرتمند، مستقل و همچنین با توجه به شرایط منحصر به فرد ژئوپلیتیک و ژئواستراتژیک در سطح جهان و منطقه همواره در معرض تهدیدات ناخواسته‌ای در اشکال متنوع و پیچیده قرار داشته و دارد [۹]. یکی از راهکارهای مطمئن در مقابله با تهدیدات دشمنان و کاهش صدمات و خسارات ناشی از تهاجمات نظامی توجه به دفاع غیرعامل در همه ابعاد (اقتصادی، سیاسی، نظامی، اجتماعی و فرهنگی) و در تمام حوزه‌ها (ارتباطات، انرژی، فناوری، صنعت و مدیریت مردم) می‌باشد. در این میان حوزه ارتباطات کشور همانند سلسله اعصاب و نقش تعیین‌کننده‌اش در اداره امور کشور، بسیار حساس و حیاتی بوده و در اولویت‌های اولیه تهاجم دشمن قرار دارد [۱۰].

نتایج و تجربیات جنگ‌های اخیر در سراسر جهان و خسارات وارده ناشی از تهاجم دشمن به تأسیسات ارتباطی و کنترلی، لزوم توجه به دفاع بهینه را که تلفیقی از پدافند عامل و غیرعامل می‌باشد را بر همگان روشن ساخته است [۱۱]. یکی از زیر مجموعه‌های حوزه ارتباطات، حوزه دیسپاچینگ انرژی الکتریکی است که وظیفه نظارت و کنترل شبکه برق و همچنین حفظ پایداری سیستم قدرت را به عهده دارد. چنانچه اصول پدافند غیرعامل در احداث و نگهداری مراکز فوق رعایت نشود، حملات دشمن علاوه بر وارد آوردن حجم بالای تلفات انسانی و خسارات مالی منجر به از بین رفتن مراکز کنترل و در نتیجه فروپاشی شریان حیاتی انرژی الکتریکی یا همان شبکه سراسری برق کشور می‌شود [۱۲]. از نکات اساسی که در انتخاب محل احداث طرح‌های راهبردی حوزه تأمین امنیت انرژی باید در نظر گرفت می‌توان به مباحث ژئوتکنیکی، مطالعات آمایش سرزمینی، ترتیبات دفاعی و امنیتی، اصول و قواعد پدافند غیرعامل (همچون کوچک‌سازی، تعددسازی، متنوع‌سازی، پراکنده‌سازی، دوام‌پذیری، منعطف‌سازی) اشاره کرد [۱۳]. یکی از اهداف تعریف شده در علم مکان‌یابی حداکثرسازی پراکندگی است که در آن به‌دنبال حداکثرسازی فاصله بین مراکز راهبردی با توجه به محدودیت‌های موجود می‌باشد [۱۴].

از دید پدافند غیرعامل در حوزه کنترل و دیسپاچینگ برق می‌توان به موارد حفظ توانمندی کنترل و نظارت بر پست‌ها و نیروگاه‌ها در شرایط تهدید، کاهش آسیب‌پذیری تأسیسات، تجهیزات و زیرساخت‌های حیاتی، حفظ برقراری ارتباط میان مراکز بالادست و پایین دست، تأمین امنیت و پایداری شبکه سراسری برق در سطح ملی، منطقه‌ای و محلی اشاره کرد. با برآورد تهدیدات حوزه امنیت انرژی الکتریکی و سپس با برنامه‌ریزی، آگاه‌سازی، بسترسازی، تدوین مقررات، هماهنگی بین نهادهای ذی‌ربط، رعایت الزامات پدافند غیرعامل در اجرای پروژه‌های راهبردی با بهره‌گیری از توانمندی‌های

<sup>۱</sup>Entropy Analytic Hierarchy Process (EAHP)

$$E \approx S\{p_1, p_2, \dots, p_n\} = -K \sum_{i=1}^n [p_i \times \ln p_i] \quad (۱)$$

به طوری که  $K$  به منظور تأمین  $0 \leq E \leq 1$  یک ثابت مثبت است؛  $E$  از توزیع احتمال  $P_i$  بر اساس مکانیزم آماری محاسبه شده و مقدار آن در صورت تساوی  $P_i$  ها با یکدیگر (یعنی  $p_i = \frac{1}{n}$ ) حداکثر مقدار ممکن خواهد بود، به صورت رابطه (۲) نمایش داده می شود:

$$-K \sum_{i=1}^n [p_i \times \ln p_i] = -K \left\{ \frac{1}{n} \ln \frac{1}{n} + \frac{1}{n} \ln \frac{1}{n} + \dots + \frac{1}{n} \ln \frac{1}{n} \right\} = -K \left\{ \left( \ln \frac{1}{n} \right) \left( \frac{n}{n} \right) \right\} = -K \ln \frac{1}{n} \quad (۲)$$

یک ماتریس تصمیم گیری از یک مدل تصمیم گیری چند معیاره حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی آن به کار رود. یک ماتریس تصمیم گیری به صورت جدول (۱) در نظر گرفته می شود. بعد از مشخص شدن معیارها، نوبت به تعیین وزن نسبی آنها است. بدین منظور، مطابق جدول (۱) به مقایسه زوجی معیارها در ماتریس تصمیم گیری به کمک کارشناسان و خبرگان صنعت برق در حوزه ی مراکز کنترل و دیسپاچینگ پرداخته می شود. در جدول (۱) مقیاس های مورد استفاده در مقایسه های زوجی در روش سلسله مراتبی و فن آنتروپی بر حسب میزان ارجحیت از رتبه های نشان داده شده در جدول (۲) استفاده می شود.

جدول ۱. نمونه جدول مقایسه های زوجی برای معیارهای پیشنهادی [۱۷]

معیار	$X_1$	$X_2$	.....	$X_n$
$X_1$	۱	$r_{12}$	.....	$r_{1n}$
$X_2$	$r_{21}$	۱	.....	$r_{2n}$
.....	.....	.....	.....	.....
$X_n$	$r_{n1}$	$r_{n2}$	.....	۱

جدول ۲. رتبه های مورد استفاده در مقایسه های زوجی در روش AHP [۱۷]

مقیاس	تعریف
۱	برتری یکسان
۳	برتری کمی بیشتر
۵	برتری بیشتر
۷	برتری بسیار بیشتر
۹	برتری به طور مطلق بیشتر
۴، ۶، ۸، ۲	برتری بینابین موارد بالا

تحلیل سلسله مراتبی و فن آنتروپی به عنوان روش پیشنهادی برای مکان یابی مراکز کنترل و دیسپاچینگ برق پرداخته شده است. در ادامه به توضیح فن آنتروپی پرداخته و ساختار پیشنهادی فن آنتروپی و روش سلسله مراتبی ارائه می شود.

واژه آنتروپی، یک مفهوم عمده در علوم فیزیکی، علوم اجتماعی و تئوری اطلاعات است. به طوری که نشان دهنده مقدار عدم اطمینان موجود از محتوای مورد انتظار اطلاعاتی از یک پیام است. فلسفه این فن بر پایه مقدار اطلاعات در دسترس و ارتباط آنها با اهمیت معیار است؛ از مزیت های این روش آسان نمودن تصمیم گیری برای تصمیم گیران در حل مسائل بزرگ است. آنتروپی فنی است که عدم قطعیت هایی که با پدیده های تصادفی از اطلاعات همراه است را با یک توزیع احتمال گسسته مدل می کند و وزن معیارهای مختلف را به کمک نظرات تصمیم گیرنده تخمین می زند. فن آنتروپی فنی مفید جهت تعیین وزن بوده و در زمانی که دسته ای از داده ها (همانند ماتریس های تصمیم گیری) وجود داشته باشد، بسیار مفید است. روش تحلیل سلسله مراتبی مبتنی بر فن آنتروپی جهت بررسی تضاد بین مجموعه داده ها بسیار مفید است. مجموعه ی داده ها را می توان مجموعه ای از راه حل های جایگزین در ماتریس هایی در نظر گرفت که در آن هر راه حل جایگزین، با توجه به نتیجه اش ارزیابی می شود. فلسفه وجودی این روش بر اساس مقدار اطلاعات در دسترس و ارتباط آنها با اهمیت معیار است [۱۸].

در روش ترکیبی پیشنهادی، در اولین گام به شناسایی گزینه ها و معیارها و جمع آوری و همگرایی نظرات کارشناسان در قالب ماتریس تصمیم گیری پرداخته شده است. فن مورد استفاده در این تحلیل فن دلفی خواهد بود. چرا که در این پروسه احتمال پراکندگی فیزیکی و عدم دسترسی یکجا به صاحب نظران وجود داشته است. البته در صورت حضور تمام کارشناسان در یک محل و نظرسنجی هم زمان، فن طوفان فکری<sup>۱</sup> نیز قابل استفاده خواهد بود. در گام دوم با استفاده از فن آنتروپی<sup>۲</sup> وزن های معیارها به دست می آید. در گام بعد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به مقایسه بین مکان های مختلف احداث مراکز کنترل در هر معیار پرداخته می شود؛ در نهایت با ترکیب وزن معیارهای به دست آمده از روش آنتروپی و نتایج مقایسه های بین مکان های مختلف در هر معیار، به اولویت بندی مکان های مختلف جهت احداث ساختمان مراکز کنترل و دیسپاچینگ پرداخته می شود.

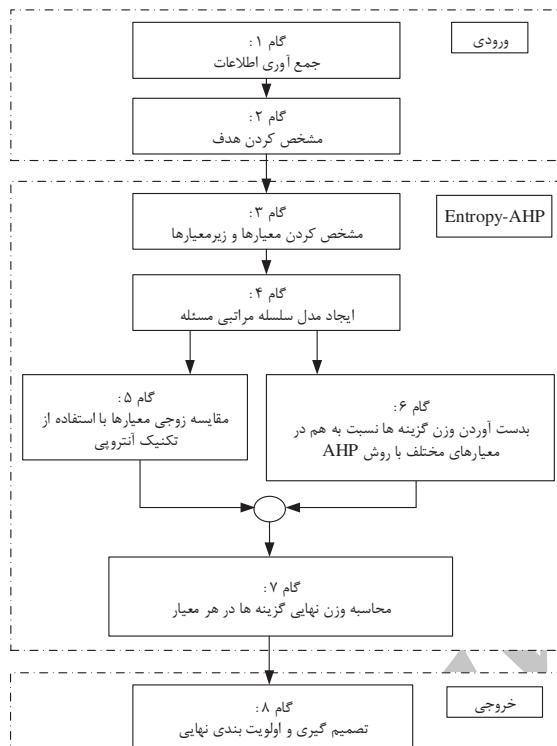
### ۳-۱. فن آنتروپی

آنتروپی در تئوری اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته ( $P_i$ ) به طوری که این عدم اطمینان، در صورت پخش بودن توزیع، بیشتر از موردی است که توزیع فراوانی تیزتر است [۱۹]. این عدم اطمینان به صورت رابطه (۱) تشریح می گردد:

<sup>۱</sup> Brain Storming

<sup>۲</sup> Entropy

این مرحله اگر نرخ سازگاری از حد مجاز (۰/۱) بیشتر شود، تصمیم‌گیرنده باید مقایسه‌های خود را مورد بازنگری قرار دهد. وقتی سازگاری مقایسه‌ها از نقطه‌نظر نرخ سازگاری به تأیید رسید، این قضاوت‌ها را می‌توان ترکیب نموده و اولویت‌گزینه‌ها و معیارها را مشخص نمود [۱۶]. در شکل (۲) الگوریتم پیشنهادی ترکیب آنتروپی و فرایند تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی (EAHP) که در این مقاله به کار گرفته شده نمایش داده شده است.



شکل ۲. الگوریتم ترکیبی آنتروپی و تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی (EAHP)

#### ۴. پیاده‌سازی روش پیشنهادی

با توجه به تعدد مراکز کنترل و دیسپاچینگ و گستردگی مکان‌های احداث این مراکز، ارائه روشی جامع و قابل اجرا جهت احداث ساختمان مراکز کنترل و دیسپاچینگ برق مورد توجه است. لذا در این بخش ضمن شناسایی هدف و معیارهای مربوط به اولویت‌بندی مکان‌های احداث مراکز کنترل، الگوریتم پیشنهادی بر روی گزینه محل‌های کاندید پیاده‌سازی می‌شود. در نهایت محل‌های مناسب احداث این مراکز به ترتیب اولویت مشخص شده و نتایج آن ارائه می‌شود. نکته قابل توجه در به کارگیری مؤثر این روش آن است که با استفاده از تحلیل‌های ریاضی، امکان حذف داده‌های ناسازگار و متناقض که ناشی از عدم دقت نظرات برخی کارشناسان بوده، وجود دارد. بدین ترتیب، این داده‌های ناسازگار خللی در تصمیم‌گیری بهینه ایجاد نخواهند کرد [۱۷]. روش معرفی شده به راحتی قابل اعمال برای انواع مراکز کنترل در هر سطح از شبکه می‌باشد، البته باید توجه داشت که معیارها در هر نوع مرکز کنترل و بسته به نظر تصمیم‌گیرنده متفاوت خواهد بود.

در این روش، معیارها دویبدو و در قالب ماتریس مقایسه‌های زوجی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. به عبارت دیگر اعداد ماتریس مقایسه‌های زوجی، برتری یک معیار نسبت به معیار دیگر را نشان می‌دهند. در تکمیل کردن ماتریس تصمیم‌گیری توسط کارشناسان تنها کافی است که نیمی از جدول ماتریس تصمیم‌گیری پر شود بدین صورت که اگر به  $r_{ij}$  مقیاس ۵ تخصیص داده شده است،  $r_{ji}$  مقیاس  $0.2$  (یا  $\frac{1}{5}$ ) خواهد بود. محتوای اطلاعاتی موجود در این ماتریس ابتدا به صورت  $(P_{ij})$  طبق رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

$$E_j P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^n r_{ij}} \quad \forall i, j \quad (3)$$

از مجموعه  $P_{ij}$  به ازای هر مشخصه طبق رابطه (۴) به دست می‌آید:

$$E_j = -K \sum_{i=1}^n [p_{ij} \times \ln p_{ij}] \quad \forall j \quad (4)$$

در رابطه (۴)،  $K = \frac{1}{\ln m}$  و  $m$  تعداد معیارها است. سپس عدم اطمینان یا درجه انحراف ( $d_j$ ) از اطلاعات ایجاد شده به ازای شاخص  $j$ ام از رابطه (۵) محاسبه می‌شود:

$$d_j = 1 - E_j \quad \forall j \quad (5)$$

سپس اوزان ( $FNW_j$ ) مطابق رابطه (۶) به دست می‌آید:

$$FNW_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (6)$$

در این مرحله وزن هر معیار از ماتریس‌های تکمیل شده با استفاده از روش آنتروپی به دست می‌آید و نتایج نرمالیزه می‌شوند، به صورتی که مجموع وزن‌های نهایی معیارها مساوی ۱ می‌شوند.

#### ۳-۲. روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی از سه مرحله اصلی ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی، تحلیل اولویت و تأیید سازگاری سیستم تشکیل شده است. در ابتدا، فرد تصمیم‌گیرنده باید مسئله تصمیم پیچیده را در سطوح سلسله‌مراتبی چندگانه ساختاردهی کند. در مرحله بعد، تصمیم‌گیرنده بر اساس دانش علمی-تجربی مقایسه‌ها را انجام می‌دهد.

هنگامی که مقایسه‌ها از طریق قضاوت‌های ذهنی به انجام رسید، ممکن است درجاتی از ناسازگاری در تصمیم‌گیری‌ها اتفاق بیفتد. به منظور تضمین اینکه قضاوت‌ها سازگار هستند، عملیات نهایی که تأیید سازگاری است به انجام می‌رسد تا از طریق محاسبه نرخ سازگاری، درجه سازگاری مقایسه‌های زوجی را محاسبه نماید. در

<sup>1</sup>Final Normalized Weight



توضیحات مربوط به هر معیار در ادامه آورده شده است. زیرمعیارهای مربوط به هر معیار جهت مکان‌یابی ساختمان مرکز کنترل و دیسپاچینگ برق تهران در جدول (۵) آورده شده است.

**جدول ۴.** معیارهای پیشنهادی جهت مکان‌یابی ساختمان مرکز دیسپاچینگ

معیار	مشخصه معیار
پدافند غیرعامل	CRI.۱
مخاطرات	CRI.۲
عمرانی-اقتصادی	CRI.۳
عملکرد فنی	CRI.۴
رفاهی	CRI.۵

#### ۴-۳. معیار پدافند غیرعامل

معیار پدافند غیرعامل که در بخش ۲ به آن پرداخته شد به بررسی امکان رعایت ملاحظات پدافند غیرعامل در محل احداث ساختمان مرکز کنترل و دیسپاچینگ می‌پردازد. در این معیار، گزینه محل‌ها در زیر معیارهای شناسایی شده که در انتخاب محل مؤثر بوده مقایسه می‌شوند. در مشخص نمودن محل احداث ساختمان مرکز کنترل، معیار پدافند غیرعامل از منظر زیرمعیارهای استتار، اختفا، پوشش، فریب و پراکندگی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

#### ۴-۴. معیار مخاطرات

این گروه حوادث عمدتاً ضعف‌های مختلف اکثر مناطق کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهند که برای ارزش‌گذاری این معیار، استفاده از منابع آماری، مدارک و اطلاعات تاریخی می‌تواند مفید باشد. در ادامه توضیح مختصری از زیرمعیارها ارائه شده است.

**زیرمعیار زلزله:** ایران کشور زلزله‌خیزی است. شواهد این امر در داده‌های تاریخی به‌خوبی گویای این امر است. ویرانی‌های زلزله‌های اخیر چون طبرس، منجیل و بم، تفکر ساخت و سازهای مقاوم را در ذهن برنامه‌ریزان کشور تقویت نموده است [۲۰]. در ارتباط با مکان‌یابی سازه‌های مهم این پارامتر از اهمیت زیادی برخوردار است. دقت در تعیین حریم امن با گسل‌های فعال و لرزه‌زا و تعیین مکانی که از حداقل عوامل تشدیدزایی برخوردار باشد، کاری است که در این مرحله با استفاده از امتیازدهی به شرایط مختلف در قالب یک معیار صورت خواهد گرفت.

**زیرمعیار سایر مخاطرات طبیعی:** حوادثی از قبیل سیل، طوفان و صاعقه از دیگر مسائلی است که مرکز پشتیبان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. احتراز از مناطق سیل‌گیر در تعیین مکان مناسب اهمیت بالایی دارد. طوفان ممکن است در مناطق مختلف کشور اتفاق بیافتد. با این وجود، برخی مناطق بیشتر در معرض آن هستند. استفاده از آمارهای هواشناسی در این ارتباط می‌تواند کمک‌کننده باشد. طوفان‌های سهمگین تأثیرات مخرب بسیاری در کنترل و اقدامات مرکز خواهد داشت. یکی دیگر از موارد حوادث طبیعی صاعقه است که در صورت

#### ۴-۱. معرفی گزینه‌های احداث مرکز کنترل و دیسپاچینگ

در این مرحله برای ارائه روش پیشنهادی، به بررسی مکان‌های مناسب برای احداث ساختمان جدید مرکز کنترل و دیسپاچینگ تهران (TAOC) پرداخته می‌شود. در این مرحله از بین مناطق تحت پوشش این مرکز، گزینه‌های کاندید جهت رسیدن به هدف معرفی می‌شوند. لازم به‌ذکر است که با توجه به گستردگی مناطق تحت پوشش این مرکز کنترل، می‌توان تعداد گزینه‌های بیشتری را انتخاب و مورد بررسی قرار داد. در این مقاله به‌منظور معرفی و بیان واضح و شفاف روش پیشنهادی، از افزایش تعداد گزینه‌ها خودداری شده و گزینه‌هایی انتخاب شده‌اند که در معیارهای مدنظر اختلاف فاحش‌تری دارند. در این بررسی تنها به بررسی گزینه محل‌هایی که در جدول (۳) آمده پرداخته می‌شود.

**جدول ۳.** گزینه محل‌های مورد بررسی برای مکان‌یابی ساختمان مرکز کنترل و دیسپاچینگ برق تهران

گزینه محل	مشخصه گزینه محل
تهران-ونک (پارکینگ توانیر)	LOC.۱
سمنان-آهوان	LOC.۲
کرج-عظیمیه	LOC.۳
تهران-شوش	LOC.۴

گزینه تهران-ونک، روبروی ساختمان فعلی مرکز کنترل تهران زمینی تحت تملک توانیر می‌باشد که در حال حاضر به‌عنوان پارکینگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. گزینه سمنان-آهوان، در مکانی در شرق شهر سمنان می‌باشد. گزینه کرج-عظیمیه، در نقطه‌ای در شمال شهر کرج و گزینه تهران-شوش در جنوب تهران قرار دارد.

#### ۴-۲. معرفی معیارهای مکان‌یابی مرکز کنترل و دیسپاچینگ

امروزه یکی از مسائل بسیار مهم در مدیریت نوین و پیشرفته، تصمیم‌گیری در محیط‌های پیچیده متشکل از گزینه‌ها و معیارهای ناهمگون و متعدد (کمی و کیفی)، می‌باشد. در این موارد تصمیم‌گیرنده با گزینه‌های مختلفی روبرو است که باید با استفاده از معیارهای متنوع و متفاوتی که ناشی از محیط داخلی و خارجی ذهن تصمیم‌گیرنده را مشغول کرده‌اند، گزینه‌ها را اولویت‌بندی نماید. در این راستا، بعد از جلسات متعددی که با کارشناسان و خبرگان حوزه صنعت برق انجام شد، این نتیجه حاصل شد که می‌توان از معیارهایی که در جدول (۴) نشان داده شده جهت اولویت‌بندی مکان‌های احداث ساختمان مرکز کنترل و دیسپاچینگ استفاده شود. به‌منظور تعیین درجه اهمیت معیارها (رتبه‌بندی معیارها) از خبرگان دانشگاهی و صنعتی شامل ۱۰ نفر عضو هیئت علمی دانشگاه‌های مختلف کشور، ۱۵ نفر کارشناس ارشد مراکز کنترل و ۱۵ نفر کارشناس مراکز کنترل و دیسپاچینگ نظرخواهی به‌عمل آمد که نتیجه پردازش پرسشنامه‌های تکمیل شده و فرایند رتبه‌بندی معیارها در ادامه آمده است (نام و رتبه علمی برخی از این کارشناسان در بخش ۷ آمده است).

مورد نیاز مرکز یکی دیگر از معیارهای انتخاب محل می‌باشد. وجود بسترهای قبلی و امکان توسعه آنها امتیاز ویژه‌ای برای برخی از گزینه‌ها خواهد بود.

**زیرمعیار عدم نزدیکی به تأسیسات تأثیرگذار در عملکرد سیستم:** در این زیرمعیار گزینه‌ها از جهت نزدیکی به تجهیزات فشار قوی و سایر تجهیزات که باعث اثر مضر در عملکرد مرکز کنترل می‌شود مورد بررسی قرار می‌گیرند.

**زیرمعیار تأثیر آلاینده‌های محیطی بر عملکرد تجهیزات:** با توجه به اینکه برخی از کارخانه‌ها و مراکز صنعتی دارای عوامل آلوده‌کننده آب و هوا، صوت، منابع زیرزمینی هستند که در این زیرمعیار به آن پرداخته می‌شود به نحوی که امکان تعریف حریم مناسب در مکان‌یابی نهایی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### ۷-۴. معیار رفاهی

**زیرمعیار رضایت‌مندی کارکنان:** در این زیرمعیار مواردی همچون آب و هوای مناسب محل، دسترسی به امکانات تفریحی، درمانی، ورزشی و رفاهی شهر از جمله فضای سبز و رستوران و همچنین دسترسی آسان به سایر مراکز کنترل مرتبط و مراکز تحقیقاتی مورد نظر باشد.

**زیرمعیار وضعیت دسترسی آسان به حمل و نقل عمومی:** میزان دسترسی راحت کارکنان به محل یا به عبارتی دسترسی به امکانات حمل و نقل برای جابه‌جایی کارکنان و عدم ترافیک مسیر، زیرمعیار شرایط دسترسی را تشکیل می‌دهند.

**زیرمعیار امنیت از لحاظ تشعشعات مضر بر کارکنان:** امنیت، بهداشت و همچنین آرامش فکری کارکنان در محل کار از عوامل رضایت‌مندی کارکنان می‌باشد. به طور مشخص، کارکردن در محیطی که تشعشعات مضر الکترومغناطیسی وجود دارد (نزدیک پست‌های برق) برای کارکنان مطلوب نمی‌باشد.

**زیرمعیار نزدیکی به سایر مراکز مرتبط:** مراکز کنترل و دیسپاچینگ با مراکزی همچون ساختمان بهره‌بردار شبکه، مراکز کنترل بالادست، پیمانکاران و ... ارتباط دارد، طبیعتاً نزدیکی این مراکز از یکدیگر موجب رضایت کارکنان خواهد بود. همچنین فراهم آمدن برخی امکانات دسترسی و تفریحی می‌تواند موجب بالا رفتن سطح رفاه پرسنل مرکز شده و یکی از مهم‌ترین معیارهای تعیین محل احداث مرکز محسوب شود.

#### ۵. شبیه‌سازی روش پیشنهادی EAHP

شماتیک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره "مکان‌یابی بهینه مراکز دیسپاچینگ شبکه سراسری برق" که در رأس آن هدف کلی مسئله و در سطوح بعدی معیارها و گزینه‌ها نشان شده‌اند در شکل (۳) به تصویر کشیده شده است. لازم به ذکر است که وزن زیرمعیارها از ماتریس‌های تصمیم‌گیری برای زیرمعیارها به‌دست می‌آید که این

وجود ارتفاع زیاد و بالا بودن احتمال برخورد صاعقه با ساختمان مرکز و تأسیسات آن بایستی ارزش محل را برای انتخاب به عنوان محل احداث تنزل دهد.

**زیرمعیار اثرات سو تأسیسات و عملیات همجوار بر ساختمان:** منظور از این زیرمعیار این است که در برخی مناطق به دلیل یک سری عملیات عمرانی یا تولیدات کارخانه‌ای ممکن است باعث اثرات سو و مخرب بر ساختمان مرکز کنترل شود که باید از این مناطق دوری کرد.

#### ۵-۴. معیار عمرانی - اقتصادی

**زیرمعیار هزینه خرید هر متر مربع زمین:** در این زیرمعیار پارامترهایی از قبیل هزینه خرید، وسعت زمین مورد نیاز جهت احداث ساختمان مرکز دیسپاچینگ در منطقه مورد نظر است.

**زیرمعیار هزینه نصب و راه‌اندازی سیستم مخابراتی:** شرایط فیزیکی محل مرکز برای احداث کانال و بستر مخابراتی بایستی در ارزش‌گذاری این معیار در نظر گرفته شود. که این زیرمعیار به‌عنوان هزینه نصب و راه‌اندازی سیستم مخابراتی مطرح است.

**زیرمعیار حمایت مراکز مرتبط:** این زیرمعیار بیانگر حمایت‌هایی است که با احداث ساختمان در یک منطقه خاص، برخی از سازمان‌ها حمایت می‌کنند. به‌طور مثال دادن زمین رایگان از زمین‌های تحت تملک سازمان‌های مربوطه (همچون برق منطقه‌ای و توانیر) می‌باشد بدین صورت که ممکن است ترجیح داده شود از زمین‌های تحت تملک موجود سازمان برای احداث ساختمان مرکز کنترل و دیسپاچینگ استفاده شود که در این حالت می‌توان ارزش افزوده زمین را به‌عنوان جایگزین این زیرمعیار در نظر گرفت.

**زیرمعیار خاک‌شناسی و مکانیک خاک زمین مورد نظر:** مرغوبیت جنس خاک، کیفیت زمین از لحاظ عمرانی را نشان می‌دهد که هر یک ارزش خاصی را برای یک گزینه بر اساس ارزش این معیار مشخص خواهد نمود. برای ارزش‌گذاری این معیار، بررسی مسائل مهندسی خاک و زمین‌شناسی بسیار مفید می‌باشد.

**زیرمعیار عدم تداخل با اقدامات عمرانی - اجرایی سایر ارگان‌ها:** این زیرمعیار بیانگر بررسی تداخل و یا هم‌سویی اقدامات عمرانی - اجرایی با برخی ارگان‌ها همچون شهرداری یا امکان صدور مجوزهای مربوطه از سایر ارگان‌ها جهت احداث ساختمان دیسپاچینگ در هر منطقه است. زیرمعیار مطلوبیت محیطی: در این زیرمعیار امکان پیاده‌سازی طرح مورد نظر، قابلیت انعطاف در طراحی، راحت‌بودن مجوزهای مربوط به مراحل مختلف ساخت و امکان توسعه محل در آینده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### ۶-۴. معیار عملکرد فنی

**زیرمعیار شرایط مخابراتی برای مرکز کنترل:** دسترسی به بسترهای موجود سیستم انتقال مخابراتی جهت دریافت اطلاعات

نرمالیزه شده مکان های کاندید در هر معیار به دست می آید که در جدول (۸) نتایج آن ارائه شده است.

با ترکیب وزن های معیارها در جدول (۷) و وزن های گزینه محلها در هر معیار در جدول (۸) با استفاده از میانگین وزنی هندسی در روش تحلیل سلسله مراتبی طبق رابطه (۸) نتایج به دست می آید [۱۸].

$$\overline{FNW_k} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n FNW_i * r_{ki}}, \quad \forall k \quad (8)$$

در رابطه (۸)  $\overline{FNW_i}$  وزن های نرمالیزه شده معیارها (نتایج جدول ۷)،  $r_{ki}$  وزن های نرمالیزه شده معیارها در هر گزینه محل (نتایج جدول ۸)،  $\overline{FNW_k}$  وزن نهایی گزینه محل در هر معیار،  $k$  تعداد گزینه محلها و  $n$  تعداد معیارها است. از رابطه (۷) میانگین وزنی محاسبه و سپس برای نرمالیزه کردن میانگین های وزنی از رابطه (۳) استفاده می شود که گزینه محل های احداث ساختمان مرکز کنترل برای TAOC اولویت بندی شده اند. گزینه تهران - ونک با وزن ۰/۳۰۲۳ و گزینه کرج - عظیمیه با وزن ۰/۲۶۴۶ به ترتیب به عنوان گزینه های اول و دوم برای احداث ساختمان جدید مراکز کنترل و دیسپاچینگ برق منطقه ای تهران (TAOC) انتخاب شده اند. گزینه های سمنان - آهوان و تهران - شوش نیز به عنوان اولویت های بعدی به ترتیب در اولویت سوم و چهارم قرار گرفته اند.

همان طور که از ابتدا بیان شد در این مقاله هدف اصلی، ارائه روشی جامع و مناسب برای مکان یابی ساختمان مراکز کنترل و دیسپاچینگ برق در تمام سطوح بوده است که روش پیشنهادی EAHP به طور نمونه برای مکان یابی ساختمان جدید مرکز کنترل و دیسپاچینگ برق تهران پیاده سازی شد و اولویت بندی مکان های مورد نظر از روی نتایج نشان داده شده در جدول (۸) بررسی گردید.

در پایان نتایج روش EAHP با نتایج روش AHP در شکل (۴) قابل مقایسه است، در روش AHP اولویت های اول به ترتیب سمنان - آهوان و سپس تهران - ونک به دست آمده است. همان طور که مشخص است با استفاده از روش EAHP نتایج مناسب تری برای احداث ساختمان مرکز کنترل و دیسپاچینگ تهران به دست آمده که این به دلیل عدم قطعیت تصمیم گیران (کارشناسان و خبرگان) بوده که در روش AHP این عدم قطعیت مدل نشده است، ولی در روش ترکیبی EAHP که از فن آنتروپی برای مدل کردن عدم قطعیت موجود در اطلاعات استفاده شده است نتایج مناسب تری به دست آمده که حاکی از برتری روش پیشنهادی این مقاله یا همان روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی با فن آنتروپی (EAHP) است.

وزن ها نیز از فن آنتروپی محاسبه می شوند. با توجه به اینکه به تعداد کارشناسان و خبرگان ماتریس های تصمیم گیری وجود دارد با استفاده از روش میانگین هندسی در روش تحلیل سلسله مراتبی تمام ماتریس های تصمیم گیری یکسان (از یک نوع) ترکیب می شوند. میانگین هندسی از رابطه (۷) محاسبه می شود [۱۸]:

$$\overline{r_j} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n r_{ij}}, \quad \forall j \quad (9)$$

در رابطه (۷)  $r_{ij}$  بیانگر مقیاس های اولیه ای است که توسط کارشناسان مختلف تکمیل شده و  $\overline{r_j}$  بیانگر مقیاس های ماتریس تصمیم گیری است که پس از ادغام ماتریس های تصمیم گیری ای که توسط کارشناسان و اساتید تکمیل شده به دست آمده و  $n$  تعداد کارشناسانی که ماتریس های تصمیم گیری را پر کرده اند،  $j$  تعداد درایه های ماتریس های تصمیم گیری است.

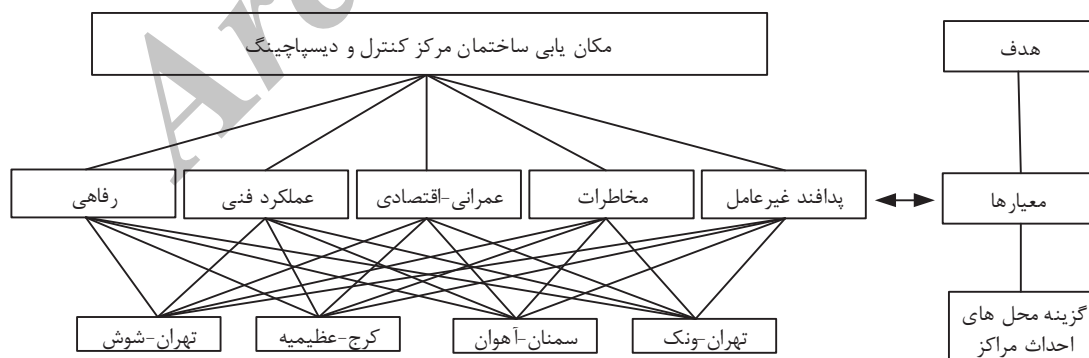
در ابتدا با استفاده از رابطه (۷) خلاصه ماتریس های تصمیم گیری تکمیل شده توسط خبرگان مربوط به دست آورده می شود (جدول ۶). سپس با استفاده از فن آنتروپی و به کمک رابطه های (۳-۶) وزن نهایی نرمالیزه شده به دست می آید. پس از نرمالیزه کردن ماتریس های تصمیم گیری با استفاده از رابطه (۳) مقادیر  $P_{ij}$  ها را محاسبه نموده و با استفاده از آن مقادیر از روابط (۴) و (۵) مقادیر  $E_j$  و  $d_j$  را حساب کرده و در نهایت  $\overline{FNW_j}$  با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می شود که به آن وزن نهایی نرمالیزه شده می گویند؛ در جدول (۷) روند این محاسبات و نتایج مربوطه نشان داده شده است، در ستون آخر سمت راست جدول (۷) وزن های معیارها با استفاده از فن آنتروپی محاسبه شده است. تا به حال به ماتریس های تصمیم گیری معیارها که در آنها معیارها دوبه دو با هم مقایسه می شوند، پرداخته شد.

پس از نرمالیزه کردن ماتریس های تصمیم گیری با استفاده از رابطه (۳) مقادیر  $P_{ij}$  ها را محاسبه نموده و با استفاده از آن مقادیر از روابط (۴) و (۵) مقادیر  $E_j$  و  $d_j$  را حساب کرده و در نهایت  $\overline{FNW_j}$  با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می شود که به آن وزن نهایی نرمالیزه شده می گویند؛ در جدول (۷) روند این محاسبات و نتایج مربوطه نشان داده شده است، ستون آخر در سمت راست جدول (۷) وزن های معیارها با استفاده از فن آنتروپی است. تا به حال به ماتریس های تصمیم گیری معیارها که در آنها معیارها دوبه دو با هم مقایسه دو دویی می شدند، پرداخته شد. در گام بعد ماتریس های تصمیم گیری تکنولوژی ها نسبت به هر معیار می بایست مورد تحلیل قرار گیرند؛ این ماتریس های تصمیم گیری به این صورت هستند که همانند جدول (۱) به ازای هر معیار مکان های کاندید جهت احداث ساختمان مرکز کنترل با هم مقایسه دو دویی می شوند. پس از اعمال روش آنتروپی به گونه بیان شده در مرحله قبل نتایج وزن های



جدول ۵. معیارها و زیرمعیارهای در نظر گرفته شده جهت مکان‌یابی ساختمان مرکز کنترل و دیسپاچینگ تهران

معیار	زیرمعیارها					
CRI.۱	CRI.۱,۱	CRI.۱,۲	CRI.۱,۳	CRI.۱,۴	CRI.۱,۵	
پدافند غیرعامل	استتار	پراکندگی	پوشش	فریب	اختفا	
CRI.۲	CRI.۲,۱	CRI.۲,۲	CRI.۲,۲			
مخاطرات	زلزله	سایر مخاطرات طبیعی	اثرات سوء تأسیسات و عملیات همجوار بر ساختمان			
CRI.۳	CRI.۳,۱	CRI.۳,۲	CRI.۳,۳	CRI.۳,۴	CRI.۳,۵	CRI.۳,۶
عمرانی- اقتصادی	هزینه خرید هر متر مربع زمین	هزینه نصب و راه اندازی سیستم مخابراتی	حمایت مراکز مرتبط (دادن زمین رایگان از زمین‌های تحت تملک)	خاک شناسی و مکانیک خاک زمین مورد نظر	عدم تداخل با اقدامات عمرانی- اجرایی سایر ارگان‌ها	مطلوبیت محیطی
CRI.۴	CRI.۴,۱	CRI.۴,۲	CRI.۴,۳			
عملکرد فنی	شرایط مخابراتی برای مرکز کنترل	عدم نزدیکی به تأسیسات تأثیرگذار در عملکرد سیستم	تأثیر آلاینده‌های محیطی بر عملکرد تجهیزات			
CRI.۵	CRI.۵,۱	CRI.۵,۲	CRI.۵,۳	CRI.۵,۴		
رفاهی	رضایتمندی کارکنان	دسترسی آسان به حمل و نقل عمومی	امنیت از لحاظ تشعشعات مضر بر کارکنان	نزدیکی به سایر مراکز مرتبط		



شکل ۳. ساختار روش سلسله مراتبی برای مکان‌یابی ساختمان مرکز کنترل و دیسپاچینگ تهران

جدول ۶. مقایسه‌های زوجی معیارها جهت مکان‌یابی ساختمان مرکز کنترل و دیسپاچینگ تهران

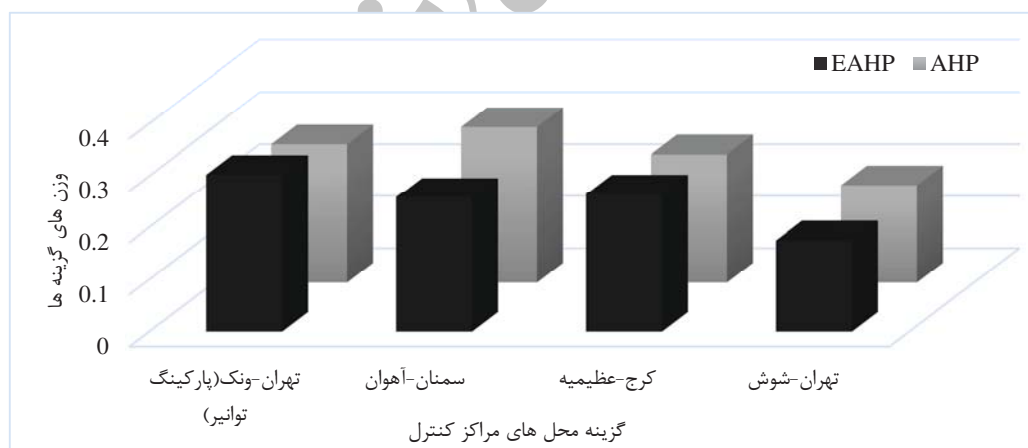
زیرمعیارهای معیار فنی - اقتصادی (CRI <sub>i</sub> )	CRI <sub>۱</sub>	CRI <sub>۲</sub>	CRI <sub>۳</sub>	CRI <sub>۴</sub>	CRI <sub>۵</sub>
CRI <sub>۱</sub>	۱	۳	۴/۴۰۰۵	۴/۲۱۲۸	۵/۷۹۱۴
CRI <sub>۲</sub>	۰/۳۳۳۳	۱	۳/۴۰۸۶	۳/۸۷۲۹	۴/۲۱۲۸
CRI <sub>۳</sub>	۰/۲۲۷۲	۰/۲۹۳۳	۱	۳/۸۷۲۹	۴/۴۰۰۵
CRI <sub>۴</sub>	۰/۲۳۷۳	۰/۲۵۸۱	۰/۲۵۸۱	۱	۳/۸۷۲۹
CRI <sub>۵</sub>	۰/۱۷۲۶	۰/۲۳۷۳	۰/۲۲۷۲	۰/۲۵۸۱	۱

جدول ۷. روند محاسبات فن آنترپی برای به دست آوردن وزن معیارها جهت مکان‌یابی ساختمان مرکز کنترل و دیسپاچینگ تهران

زیرمعیارهای معیار فنی - اقتصادی CRI <sub>i</sub>	CRI <sub>۱</sub>	CRI <sub>۲</sub>	CRI <sub>۳</sub>	CRI <sub>۴</sub>	CRI <sub>۵</sub>	$E_j$	$d_j$	$FNW_j$
CRI <sub>۱</sub>	۰/۵۰۷۴	۰/۶۲۶۴	۰/۴۷۳۴	۰/۳۱۸۷	۰/۳۰۰۴	۰/۲۷۲۴	۰/۷۲۷۵	۰/۱۹۶۳
CRI <sub>۲</sub>	۰/۱۶۹۱	۰/۲۰۸۸	۰/۳۶۶۷	۰/۲۹۳۰	۰/۲۱۸۵	۰/۲۱۹۵	۰/۷۸۰۵	۰/۲۱۰۶
CRI <sub>۳</sub>	۰/۱۱۵۳	۰/۰۶۱۲	۰/۱۰۷۵	۰/۲۹۳۰	۰/۲۲۸۲	۰/۲۳۰۴	۰/۷۶۹۵	۰/۳۰۷۷
CRI <sub>۴</sub>	۰/۱۲۰۴	۰/۰۵۳۹	۰/۰۲۷۷	۰/۰۷۵۶	۰/۲۰۰۹	۰/۲۷۱۲	۰/۷۲۸۷	۰/۱۹۶۷
CRI <sub>۵</sub>	۰/۰۸۷۶	۰/۰۴۹۵	۰/۰۲۴۴	۰/۰۱۹۵	۰/۰۵۱۸	۰/۳۰۱۳	۰/۶۹۸۶	۰/۱۸۸۵

جدول ۸. وزن نهایی محاسبه شده جهت مکان‌یابی و اولویت‌بندی مکان‌های احداث ساختمان مراکز کنترل و دیسپاچینگ

	CRI <sub>۱</sub>	CRI <sub>۲</sub>	CRI <sub>۳</sub>	CRI <sub>۴</sub>	CRI <sub>۵</sub>	میانگین وزنی $\bar{r}_j$	FNW	% FNW	Ranking
LOC.۱ تهران - ونک	۰/۱۸۷۵	۰/۱۶۶۶	۰/۴۰۹۰	۰/۳۷۵۰	۰/۳۴۷۸	۰/۰۵۵۶	۰/۳۰۲۳	۳۰/۲۳	۱
LOC.۲ سمنان - آهوان	۰/۴۳۷۵	۰/۳۸۸۸	۰/۲۷۲۷	۰/۱۲۵۰	۰/۱۳۰۴	۰/۰۴۷۴	۰/۲۵۸۱	۲۵/۸۱	۳
LOC.۳ کرج - عظیمیه	۰/۳۱۲۵	۰/۲۷۷۷	۰/۱۸۱۸	۰/۲۰۸۳	۰/۲۶۰۸	۰/۰۴۸۶	۰/۲۶۴۶	۲۶/۴۶	۲
LOC.۴ تهران - شوش	۰/۰۶۲۵	۰/۱۶۶۶	۰/۱۳۶۳	۰/۲۹۱۶	۰/۲۶۰۸	۰/۰۳۲۱	۰/۱۷۴۹	۱۷/۴۹	۴



شکل ۴. مقایسه نتایج وزن‌های اولویت‌بندی گزینه محل‌ها با دو روش EAHP و AHP

## ۶. نتیجه‌گیری

احداث ساختمان مراکز کنترل و دیسپاچینگ می‌باشد. روش پیشنهادی در این مقاله جهت اولویت‌بندی گزینه محل‌های احداث ساختمان مراکز کنترل و دیسپاچینگ بر مبنای روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و ترکیب روش تحلیل سلسله مراتبی و روش آنترپی است. روش ارائه شده به‌طور نمونه برای تعیین محل احداث ساختمان جدید مرکز کنترل و دیسپاچینگ برق منطقه‌ای تهران (TAOC) مورد استفاده قرار گرفته است. معیارهای پیشنهاد

یکی از مهم‌ترین راهکارهایی که به‌منظور پیشگیری، کاهش آسیب و بازسازی مراکز حیاتی و استراتژیک مورد توجه می‌باشد لزوم در نظر گرفتن معیارهای پدافند غیرعامل است. در طی جنگ‌های اخیر همواره مراکز کنترل و دیسپاچینگ برق به‌عنوان یک حوزه استراتژیک مورد تهدید دشمن بوده است. به‌منظور حفاظت این مراکز از تهاجم دشمن، اولین گام، مکان‌یابی مناسب جهت تعیین محل

- [6] Nooraie, H.; Rezaie, N.; Abbaspour, R. A. "Spatial Analysis of the Performance of Communication Network after an Earthquake Considering Passive Defence Aspect"; J. Passive Defence Sci. Tech. 2011, 3, 151-160 (In Persian).
- [7] Passive Defence Organization of the Country "Passive Defencein Cyber War"; Centre of Passive Defence, June 2010; 2<sup>nd</sup> Ed. (In Persian).
- [8] Passive Defence Organization of the Country "Passive Defence in Security and Access Control"; Centre of Passive Defence, June 2010; 2<sup>nd</sup> Ed. (In Persian).
- [9] Javanmardi, M.; Zanjirchi, S. M.; Karbasian, M.; Khabooshani, A. "The Recognition and Scrutiny Relationship between Organizational Agility Capabilities Using RBF Neural Network for Strengthening Passive Defence Capabilities"; J. Passive Defence Sci. Tech. 2011, 2, 71-82 (In Persian).
- [10] Loni, M. R. "National Passive Defence Development Strategy in the Communication Field"; Supreme National Defence Univ. 2011 (In Persian).
- [11] Eghtedari-Naeini, M. "Secure Radio Network in Crisis Management"; 4<sup>th</sup> National Conf. the Association of Iranian Command and Control, Tehran, 2011 (In Persian).
- [12] Torabi, K.; Mahdinezhad, A. "Investigating the Vulnerability of Street Networks Against Air Rids Using IHWP and GIS (6th Zone of Tehran)"; J. Passive Defence Sci. Tech. 2012, 4, 295-303 (In Persian).
- [13] Shirzadeh, M. A. "GIS Command and Control Crisis"; 4<sup>th</sup> National Conf. the Association of Iranian Command and Control, Tehran, 2011 (In Persian).
- [14] Karbasian, M.; Dasht, M.; Asadollahi, A. R. "A Combination Model of DEA and Facility Location Model for Important Facilities Considering Dispersion Principle"; J. Passive Defence Sci. Tech. 2011, 3, 161-167 (In Persian).
- [15] Gal, T.; Hanne, T. "Multicriteria Decision Making: Advances in MCDM Models, Algorithms, Theory, and Applications"; 1999, Kluwer Academic Publishers.
- [16] Ghodsipour, S. H. "Issues in Multi-Criteria Decision: Multi Objective", Amirkabir Univ. Tech., 1<sup>st</sup> Ed. 2011 (In Persian).
- [17] Saaty, T. L. "The Analytic Hierarchy Process"; McGraw-Hill Inc.; 1980.
- [18] Asgharpour M. J. "Multiple Criteria Decision Making", Univ. Tehran Press, 7<sup>th</sup> Ed. 2010 (In Persian).
- [19] Singh, V. P. "The Entropy Theory as a Tool for Modeling and Decision Making in Environmental and Water Resources"; Water Research Commission J., Water SA, 2000, 26, 178-186.
- [20] Savadkouhi Far, S.; Mirzai, S.; Jafary, S. Y. "Introduction to Spatial Planning Method of Temporary Housing (A Case Study: Earthquake Crisis in Tehran)"; J. Passive Defence Sci. Tech. 2010, 1, 61-74 (In Persian).

شده در این مقاله برای مکان‌یابی این مرکز کنترل معیارهای پدافند غیرعامل، مخاطرات، عمرانی-اقتصادی، عملکرد فنی، رفاهی بوده که برای هر معیار، زیرمعیارهایی نیز معرفی شده است. با استفاده از نظر خبرگان معیارها رتبه‌بندی و با استفاده از روش پیشنهادی (ترکیب روش سلسله مراتبی و روش آنتروپی) چهار گزینه مد نظر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که از بین گزینه‌های پیشنهادی، گزینه محل تهران-ونک، جهت احداث ساختمان مرکز کنترل و دیسپاچینگ برق منطقه‌ای تهران (TAOC) در اولویت اول قرار دارد.

## ۷. تقدیر و تشکر

در پایان مؤلفان بر خود لازم می‌دانند از دکتر محمد صادق قاضی زاده، دکتر محمد احمدیان، مهندس قاسم کرمی، مهندس محمد حسین شمس و مهندس محمد رضا گیوه‌ای به‌خاطر هم‌فکری‌های علمی و مشورت‌های بی‌شائبه در تهیه این مقاله (به‌ویژه در بخش ارزیابی معیارها) صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

## ۸. مراجع

- [1] Technical Report "The Organizational Structure of Regional Dispatching Duties"; Iran Grid Management Company; <http://www.lgmc.ir>.
- [2] Mohanna, S.; Kalantari, L. S.; Tavakoli, S. "Design and Simulation of a Multistatic Radar System and Optimizing the Radar Sites Positions Using Multiobjective Genetic Algorithms"; J. Passive Defence Sci. Tech. 2011, 4, 241-247 (In Persian).
- [3] Rajabi, M. R.; Golmeh, E.; Majidi, D.; Rastegar, A. "TOPSIS-Based Model for Hydropower Dam Site-Selection in Isfahan Province"; J. Passive Defence Sci. Tech. 2011, 4, 315-324 (In Persian).
- [4] Towhidi, S. M.; Ahmadi, A.; Hassanpour, H. A. "A Combination Model for Surface Radar Sites Location Considering Active and Passive Defence"; J. Passive Defence Sci. Tech. 2012, 3, 187-197 (In Persian).
- [5] Karbasian, M.; Farhand, A. "Presentation of an Interior Layout Pattern for a Presumptive Port Based on Passive Defence Consideration"; J. Passive Defence Sci. Tech. 2012, 3, 223-230 (In Persian).