**دانشکده مهندسی -گروه برق**

**پروژه کارشناسی ارشد کنترل**

# ایجاد بازخورد هوشمند برای رده بندی فرایند سلسله مراتبی چند معیاره فازی (مطالعه موردی: رتبه بندی نیروگاه‌ها)

مولف:

**سعید قمی**

اساتید راهنما:

دکتر علی وحیدیان کامیاد

دکتر اسد عازمی

شهریور 1389

# اظهارنامه

اینجانب **سعید قمی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **برق - کنترل** دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده رساله/پایان نامه "**ایجاد بازخورد هوشمند برای رده بندی سلسله مراتبی چند معیاره (مطالعه موردی: رتبه‌بندی نیروگاه‌ها)**" تحت راهنمایی **دکتر علی وحیدیان کامیاد و دکتر اسد عازمی** متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این رساله/پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در رساله/پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه فردوسی مشهد » و یا « Ferdowsi University of Mashhad » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی رساله/پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله/ پایان نامه رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله/پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله/پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

**تاریخ**

**امضای دانشجو**

## مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در رساله/پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

# چکیده

در این پایان نامه روش AHP [1]فازی را که یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد توسعه می‌دهیم. جهت توسعه توسعه AHP فازی دو روش کلی بکار می‌بندیم. در روش اول از آلفا برش‌ها کمک می‌گیریم و در روش دوم ساختاری کلاسیک و ریاضی‌وار برای حل این مسائل ارائه می‌کنیم؛ سپس مسأله سازگاری را مورد بررسی قرار می‌دهیم و یک معیار قدرتمند و جدید برای تعیین و محاسبه سازگاری ارائه خواهیم کرد. این موضوع همواره مورد توجه محققین در روش AHP بوده است و خصوصاً زمانی که نظریه فازی به مسأله AHP اضافه شد اهمیت بسیاری پیدا نمود.

از نقاط قوت روش‌های ارائه شده می‌توان به کاهش حجم محاسبات، جامع‌تر بودن روش‌های پیشنهادی، و همچنین معرفی معیار سازگاری جدید که بصورت پیوسته و سازگار با مفاهیم فازی می‌باشد اشاره کرد که صحت و اعتبار رتبه بندی بدست آمده را بخوبی تأیید می‌کند.

سپس رتبه بندی نیروگاه‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهیم. می‌دانیم که عملکرد نیروگاه‌ها بدلیل این‌که سیستم-های قدرت بطور مستقیم با زندگی مردم ارتباط دارند و هر نقص کوچکی در این سیستم‌ها ضرر اقتصادی زیادی به بار می‌آورد دارای اهمیت بسیاری می‌باشند. یک نیروگاه با یک عملکرد اشتباه می‌تواند باعث ایجاد مشکل در کل شبکه شده یا با یک عکس‌العمل به موقع مانع از تحمیل ضرر زیاد به شبکه گردد. از همین رو بررسی نیروگاه‌ها و رتبه بندی نیروگاه‌ها و انتخاب بهترین نیروگاه‌ها از دیدگاه‌های مختلف همواره مورد توجه بخش انرژی کشورهای مختلف بوده است. برای رده بندی و انتخاب بهترین نیروگاه از دیدگاه بهره‌برداری پنج معیار معرفی می‌شود که عبارتند از: میزان خروجی اضطراری، راندمان، شاخص‌های فنی، قیمت تمام شده، همکاری با مراکز کنترل و مدیریت انرژی (دیسپاچینگ[2]).

[1]. Analytical Hierarchy Process
[2]. Dispaching

# فهرست مطالب


فصل اول - مقدمه ..... 1

1.1 مقدمه ..... 1

2.1 اهداف پایان نامه ..... 3

3.1 ساختار پایان نامه ..... 3

فصل دوم - معیارهای انتخاب بهترین نیروگاه ..... 4

1.2 مقدمه ..... 4

2.2 معیارهای انتخاب نیروگاه از دیدگاه بهره برداری ..... 5

فصل سوم - نظریه فازی ..... 10

1.3 منطق فازی ..... 10

2.3 مجموعه‌های فازی ..... 11

3.3 مجموعه فازی نرمال و محدب و عدد اصلی آنها ..... 11

4.3 اجتماع و اشتراک مجموعه‌های فازی ..... 12

5.3 اعداد فازی و اصل توسیع ..... 13

6.3 عدد فازی ذوزنقه‌ای ..... 15

7.3 اعداد فازی L-R ..... 16

8.3 α- برش‌ها ..... 18

9.3 نافازی‌سازها (غیرفازی کننده‌ها) ..... 18

10.3 رابطه‌های فازی ..... 20

11.3 ترکیب رابطه‌های فازی ..... 21

فصل چهارم - فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP و روش AHP فازی ..... 24

1.4 فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP ..... 24

1.1.4 مقدمه ..... 24

2.1.4 روش AHP ..... 25

3.1.4 محاسبه نرخ سازگاری ..... 33

4.1.4 کاربردهای AHP ..... 35

5.1.4 مشکلات روش AHP ..... 36

2.4 روش AHP فازی ..... 39

1.2.4 مقدمه ..... 39

2.2.4 بررسی کارهای انجام شده در روش AHP فازی ..... 39

3.2.4 روش ون لارهوفن و پدریز ..... 41
4.2.4 روش AHP فازی باکلی ..... 43
5.2.4 روش تحلیل حدی چانگ ..... 44
فصل پنجم - ساختار ریاضیات AHP فازی ..... 47
1.5 مقدمه ..... 47
2.5 روش α برش‌ها (α-cuts) ..... 48
3.5 روش ساختار کلاسیک ..... 57
4.5 استفاده از روش‌های پیشنهادی برای انتخاب بهترین نیروگاه ..... 65
فصل ششم - جمع بندی و نتیجه گیری ..... 81
1.6 جمع بندی و نتیجه گیری ..... 81
منابع ..... 83

# فهرست شکل‌ها


شکل 2. 1. نمودار حالتهای متفاوت یک واحد تولیدی (نیروگاه)..... 6

شکل 3. 1. عدد فازی..... 15

شکل 4. 1. ساختار سلسله مراتبی مثال 1..... 31

شکل 4. 2. ساختار سلسله مراتبی مثال 2..... 36

شکل 4. 3. ماتریس مقایسه‌های زوجی..... 42

شکل 5. 1. روش مورد استفاده در این تحقیق..... 48

شکل 5. 2. نمایش عدد فازی مثلثی با برش 0/5..... 49

شکل 5. 3. ساختار سلسله مراتبی مثال 1..... 50

شکل 5. 4. نمودارهای مربوط به ماتریس $C_1$ به روش $\alpha$ برش..... 53

شکل 5. 5. نمودارهای مربوط به ماتریس $C_2$ به روش $\alpha$ برش..... 54

شکل5. 6. نمودارهای مربوط به ماتریس $C_3$ به روش $\alpha$ برش..... 54

شکل 5. 7. نمودارهای مربوط به ماتریس G به روش $\alpha$ برش..... 55

شکل 5. 8. نمودارهای مثال 1 به روش ساعتی..... 55

شکل 5. 9. نمودارهای مثال 1 به روش ASP..... 56

شکل 5. 10. رتبه بندی نهایی مثال 1..... 56

شکل 5. 11. نتایج رتبه بندی نهایی با دو روش ساعتی و ASP و با استفاده از سه روش نافازی‌سازی..... 63

شکل 12.5. مقایسه رتبه بندی دو روش پیشنهادی با سایر روش‌ها..... 65

شکل 5. 13. ساختار سلسله مراتبی انتخاب بهترین نیروگاه..... 66

شکل 5. 14. نمودارهای مربوط به ماتریس $C_1$ به روش $\alpha$ برش..... 68

شکل 5. 15. نمودارهای مربوط به ماتریس $C_2$ به روش $\alpha$ برش..... 68

شکل 5. 16. نمودارهای مربوط به ماتریس $C_3$ به روش $\alpha$ برش..... 69

شکل 5. 17. نمودارهای مربوط به ماتریس $C_4$ به روش $\alpha$ برش..... 69

شکل 5. 18. نمودارهای مربوط به ماتریس $C_5$ به روش $\alpha$ برش..... 70

شکل 5. 19. نمودارهای مربوط به ماتریس G به روش $\alpha$ برش..... 70

شکل 5. 20. نمودارهای انتخاب بهترین نیروگاه به روش ساعتی..... 71

شکل 5. 21. نمودارهای انتخاب بهترین نیروگاه به روش ASP..... 71

شکل 5. 22. رتبه بندی نهایی انتخاب بهترین نیروگاه..... 72

شکل 5. 23. نتایج رتبه بندی نهایی با دو روش ساعتی و ASP و با استفاده از سه روش نافازی‌سازی.....79

# فهرست جدول‌ها

جدول 4، 1، ماتریس مقایسه‌های زوجی معیارها نسبت به هدف در مثال 1.....31
جدول 4، 2، ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی گزینه‌ها نسبت به معیارها در مثال 1.....32
جدول 4، 3، محاسبه اولویت‌های نهایی در مثال 1.....33
جدول 4، 4، مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی.....33
جدول 4، 5، مقادیرشاخص سازگاری تصادفی با توجه به بعد ماتریس.....35
جدول 4، 6، مقادیر $\boldsymbol{\mu wi(x)}$.....44
جدول 4، 7، تبدیل مقادیر زبانی به مقادیر فازی مثلثی.....46

# فصل اول

## مقدمه

### 1.1 مقدمه

طبق برآورد آژانس بین المللی انرژی، الکتریسیته با رشد 8/2 درصد بیش از هر انرژی دیگری در تقاضای نهائی انرژی در جهان رشد خواهد کرد و کشورهائی که به منابع سرشار و مطمئن انرژی دسترسی دارند، می‌توانند با برخوردی فعالانه دیدگاه‌ها و مقررات مربوط به تجارت کالای برق در سازمان جهانی بازرگانی را مطابق منافع ملی خود هدایت کنند.

در تجارت جهانی مبحث برق از ابعاد مختلفی مطرح است که از مهم‌ترین مباحث آن می‌توان به ارتباط تنگاتنگ برق با سایر انرژی‌ها به خصوص نفت و گاز، پیوند با مسائل رفاه عمومی و امنیت اجتماعی به عنوان کالای استراتژیک، تاثیر یارانه برق بر حمایت از کشاورزی و صنعت، تقویت سرمایه گذاری در بخش صنعت و غلبه بر مقاومت دیر پای آن در منطقه مالکیت دولتی، رعایت استاندارد، کاهش آلودگی، حفظ منابع طبیعی و صادرات برق بین دو کشور در سطح منطقه‌ای و حتی جهان اشاره کرد.

سیستم‌های قدرت به دلیل این‌که بطور مستقیم با زندگی مردم ارتباط دارند و هر نقص کوچکی در این سیستم‌ها ضرر اقتصادی زیادی به بار می‌آورد دارای قابلیت اطمینان بالایی هستند اما با وجود این قابلیت اطمینان بالا هم ممکن است به دلیل یک اتفاق ناخواسته مشکلی در سیستم به وجود بیاید. یکی از مواردی که در این زمینه اهمیت فراوان دارد عملکرد نیروگاه‌هاست. یک نیروگاه با یک عملکرد اشتباه می‌تواند باعث ایجاد مشکل در کل شبکه شده یا با یک عکس‌العمل به موقع مانع از تحمیل ضرر زیاد به شبکه گردد. از همین رو بررسی نیروگاه‌ها و شناسایی بهترین نیروگاه‌ها از دیدگاه‌های مختلف همواره مورد توجه بخش انرژی کشورهای مختلف بوده است.

بطور کلی، جهان مجموعه‌ای است از اجزاء یا عناصری که بر هم اثر متقابل دارند. به عنوان مثال، اقتصاد به انرژی و منابع کمیاب وابسته است، دستیابی به انرژی به موقعیت جغرافیایی یک کشور و سیاست آن وابسته است، موقعیت سیاسی به توانایی نظامی و توانایی نظامی به فناوری بستگی دارد. فناوری نیز به وجود ایده‌ها و منابع و پذیرش ایده‌ها به پشتیبانی سیاست‌مداران بستگی دارد و این سیر توالی هم‌چنان ادامه دارد. بدیهی است که ذهن انسان در چنین شبکه پیچیده عوامل، نمی‌تواند اولین علت و آخرین معلول را شناسایی کند. همچنین در ارزیابی هر موضوعی ما نیاز به معیار اندازه گیری با شاخص داریم، انتخاب شاخص مناسب به ما امکان می‌دهد که مقایسه درستی بین جایگزینی ها یا آلترناتیوها به عمل آوریم. اما وقتی که چند یا چندین شاخص برای ارزیابی در نظر گرفته می‌شود، کار ارزیابی پیچیده می‌شود و پیچیدگی کار زمانی بالا می‌گیرد که معیارهای چند یا چندین‌گانه از جنس-های مختلف باشند. در این هنگام کار ارزیابی و مقایسه از حالت ساده تحلیلی که ذهن قادر به انجام آن است خارج می‌شود و به یک ابزار تحلیل عملی قوی نیاز خواهد بود. این ابزار به ما کمک می‌کند تا بتوانیم تصمیمات مناسب برای موضوعات پیچیده را با ساده نمودن و هدایت مراحل تصمیم گیری اتخاذ کنیم. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی روشی است که در آن یک وضعیت پیچیده، به بخش‌های کوچک‌تر آن تجزیه شده، سپس این اجزا در یک ساختار سلسله مراتبی قرار می‌گیرد [46]. در این روش به قضاوت‌های ذهنی با توجه به اهمیت هر متغیر مقادیر عددی اختصاص داده، متغیرهایی که بیشترین اهمیت را دارند، مشخص می‌شوند. به عبارت دیگر ترتیب اولویت متغیرها تعیین می‌شود. به این ترتیب، به کمک AHP می‌توان مسائل پیچیده‌ای که دربرگیرنده عوامل متعددند را درک نمود.

به طور کلی انسان‌ها دو رویکرد اساسی را در تجزیه و تحلیل به کار می‌برند که شامل رویکرد قیاسی[1] و رویکرد سیستمی[2] است. به کارگیری هر دو رویکرد سیستمی و قیاسی در درک یک سیستم پیچیده بسیار موثر خواهد بود و ترکیب این دو رویکرد از طریق فن AHP امکان پذیر است.

اگر چه افراد خبره از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای انجام مقایسه‌ها استفاده می‌نمایند، اما باید به این نکته توجه داشت که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی کلاسیک، امکان انعکاس سبک تفکر انسانی را بطور کامل ندارد. به عبارت بهتر، استفاده از مجموعه‌های فازی، سازگاری بیشتری با توضیحات زبانی و بعضاً مبهم انسانی دارد و بنابراین بهتر است که با استفاده از مجموعه‌های فازی (بکارگیری اعداد فازی) به پیش بینی بلند مدت و تصمیم گیری در دنیای واقعی پرداخت. در سال 1983 دو محقق هلندی به نام های لارهورن و پدریز روشی را برای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی پیشنهاد نمودند که بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی بنا نهاده شده بود. این

[1]. Deductive Approach
[2]. Inductive Approach

تحقیق اولین تحقیق در زمینه ترکیب AHP با نظریه فازی بود. پیچیدگی مراحل این روش باعث شده این روش چندان مورد استفاده قرار نگیرد.

## 2.1 اهداف پایان نامه

در مسائل AHP فازی، روش‌هایی که مطرح شده‌اند بطور کلی دارای پیچیدگی محاسباتی می‌باشند که دستیابی به رتبه بندی نهایی را با مشکلاتی مواجه می‌کند. از این‌رو در این پایان نامه سعی داریم روش‌هایی جدید برای حل مسائل AHP فازی مطرح کنیم تا بتوانیم علاوه بر سادگی محاسباتی به جواب‌های قابل قبولی دست یابیم.

یکی از مشکلاتی که AHP فازی با آن روبرو می‌باشد مسأله صحت و اعتبار رتبه بندی بدست آمده می‌باشد. به همین دلیل همواره تلاش‌های محققین این حوزه در راستای تعیین میزان اعتبار رتبه بندی‌های بدست آمده بوده است. معیار سازگاری وظیفه بررسی این اعتبار را بر عهده دارد. تمامی معیارهای سازگاری که تاکنون معرفی شده‌اند تنها به بحث در مورد سازگار بودن یا نبودن جواب‌ها می‌پردازند که این امر با توجه به فازی بودن مسأله چندان قابل قبول به نظر نمی‌رسد (بصورت ریاضیات کلاسیک با مسأله سازگاری برخورد می‌کنند در حالی که ماهیت مقایسه و نظر افراد خبره فازی می‌باشد). در این پایان نامه قصد داریم معیار جدیدی معرفی نمائیم که درجه عضویت سازگار بودن ماتریس را نشان دهد که این معیار با ماهیت فازی بودن مسأله هماهنگی بیشتری دارد و بوسیله آن بتوانیم اعتبار جواب بدست آمده را مورد بررسی قرار دهیم.

## 3.1 ساختار پایان نامه

این پایان نامه در شش فصل تهیه شده است. در فصل اول مقدماتی مطرح شد و همچنین اهداف این پایان نامه در این فصل بیان شد. در فصل دوم به بررسی معیارهایی که در انتخاب بهترین نیروگاه از نظر بهره‌برداری با اهمیت می‌باشند می‌پردازیم که در نهایت به پنج معیار اصلی میزان خروجی اضطراری، راندمان، شاخص‌های فنی، قیمت تمام شده، و دیسپاچینگ می‌رسیم. در فصل سوم نظریه فازی را توضیح می‌دهیم و مباحثی از این نظریه را که در این پایان نامه از آن‌ها استفاده خواهیم کرد را مورد بررسی بیشتری قرار می‌دهیم. فصل چهارم را به دو بخش تقسیم کرده‌ایم؛ در ابتدا کلیات روش AHP کلاسیک را مورد مطالعه قرار می‌دهیم و در بخش دوم مطالعاتی که تاکنون در مورد روش AHP فازی انجام شده است را بررسی می‌کنیم و در نهایت چهار روش اصلی AHP فازی را توضیح خواهیم داد. در فصل پنجم روش‌های پیشنهادی را معرفی کرده و با یک مثال معتبر آن‌ها را مورد بررسی جامع و کامل قرار می‌دهیم. همچنین در ادامه این فصل روش‌های پیشنهادی را در مورد انتخاب بهترین نیروگاه با معیارهای فصل دوم پیاده سازی می‌کنیم. در فصل ششم به جمع بندی، نتیجه گیری و پیشنهادات می‌پردازیم.

# فصل دوم

## معیارهای انتخاب بهترین نیروگاه

در این فصل به معرفی معیارهایی که در انتخاب بهترین نیروگاه از دیدگاه بهره‌برداری تأثیر گذار هستند می-پردازیم.

### 1.2 مقدمه

همانطور که اشاره شد عملکرد نیروگاه‌ها در چرخه یک کشور بسیار حیاتی است. یک نیروگاه با یک عملکرد اشتباه می‌تواند باعث ایجاد مشکل در کل شبکه شده یا با یک عکس‌العمل به موقع مانع از تحمیل ضرر زیاد به شبکه گردد.

به همین دلیل از اوایل دهه 80 میلادی در امریکا تلاش‌هایی برای تعریف شاخص‌هایی برای مقایسه عملکرد نیروگاه‌ها صورت گرفت که حاصل این تلاش‌ها تعریف استانداردی برای ارزیابی عملکرد نیروگاه‌های برق بود. متأسفانه در ایران به دلیل عدم مدیریت یکپارچه سیستم قدرت و عدم وجود خصوصی سازی در این بخش درگذشته توجه چندانی به این موضوع نشده است اما در سال‌های اخیر با توجه به تجدید ساختار صورت گرفته در صنعت برق کشور نیاز به تعریف شاخصی برای سنجش عملکرد نیروگاه‌های برق به خوبی احساس می‌شود.

به دلیل اینکه صنعت برق در یک محیط بازار جدید قرار گرفته است داشتن یک شاخص برای بررسی نیروگاه‌ها ضروری است.

## 2.2 معیارهای انتخاب نیروگاه از دیدگاه بهره برداری

همان‌طور که می‌دانیم معیارهای زیادی وجود دارند که در انتخاب بهترین نیروگاه از دیدگاه بهره برداری تأثیر گذار می‌باشند. با کمک افراد خبره که تجاربی در زمینه نیروگاه و معیارهای مختلف انتخاب آن دارند و با مشورت با شرکت برق منطقه‌ای خراسان پنج معیار مؤثر انتخاب گردید که در ادامه به اجمال آن‌ها را معرفی می‌نماییم.

### 1.2.2 میزان خروج اضطراری *[1]*

همان‌طور که در شکل 1.2 مشاهده می‌کنیم قسمتی که مشخص شده است مربوط است به میزان خروج اضطراری نیروگاه، که دارای چهار بخش می‌باشد:

- **نرخ خروج اضطراری (FOR)**[1]:

اندازه احتمالی که یک واحد تولیدی به علت خروج‌های اضطراری در دسترس نباشد.

- **نرخ خروج برنامه ریزی شده (POR)**[2]:

کسری از دوره عملکرد که در آن واحد تولیدی به علت خروج‌های برنامه ریزی شده در دسترس نباشد.

- **افزایش اجباری زمان تعمیرات یا زمان بازسازی(FP)**:

افزایش ساعات در سرویسی که در آن یک شرایط نامتعارف برنامه ریزی شده یا برنامه ریزی نشده انجام می‌شود.

- **اشکال راه اندازی (استارت)(FS)**:

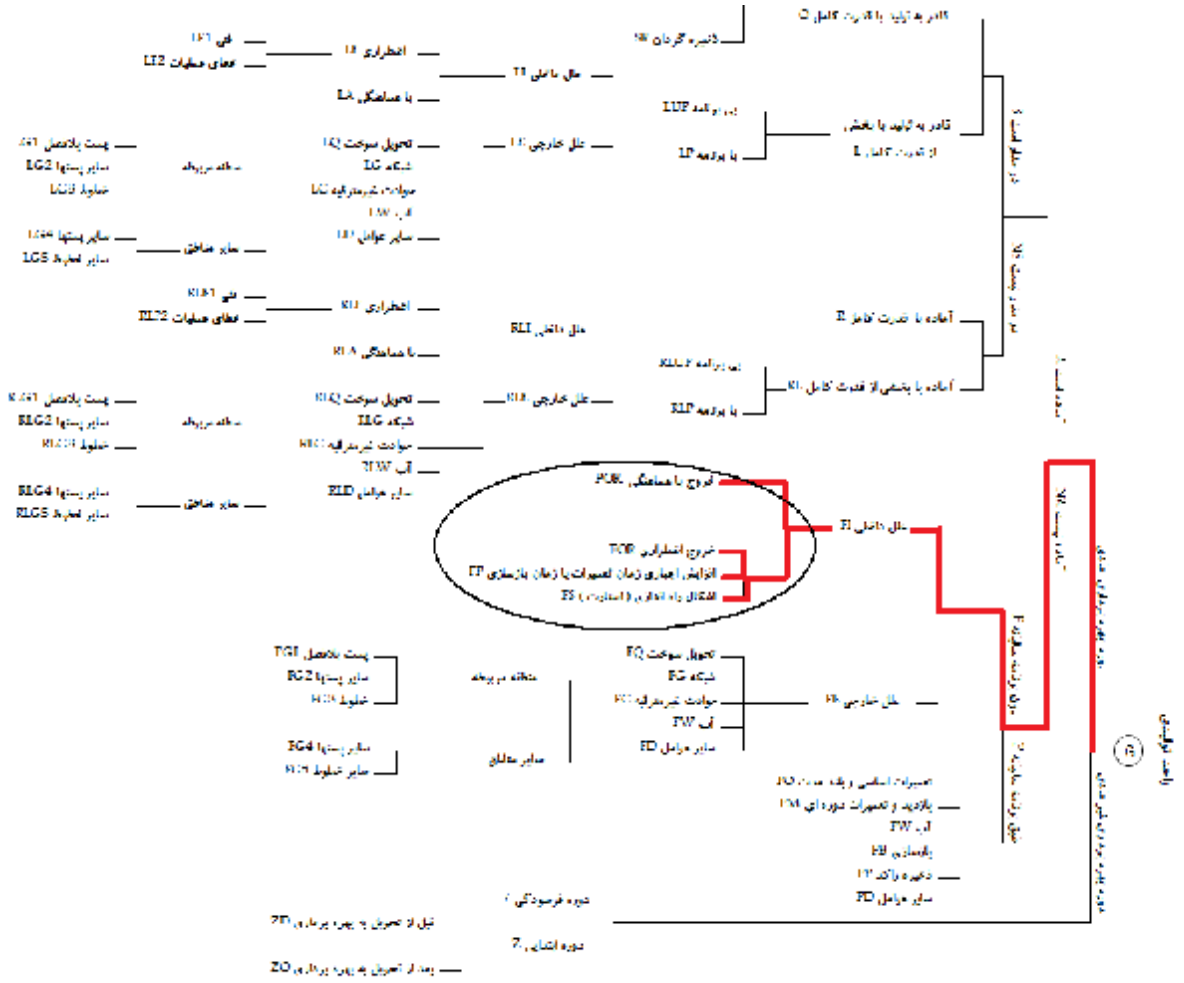
یک ناتوانی از آوردن یک واحد از حالت ناآماده یا خروج رزرو به حالت در سرویس در یک بازه مشخص. دوره مشخص شده ممکن است برای واحدهای مختلف متفاوت باشد. خطاهای مکرر در بازه راه‌اندازی مشخص یک خطای راه اندازی منفرد حساب می‌شود.

### 2.2.2 راندمان

راندمان عبارت است از نسبت میزان انرژی الکتریکی تولید شده توسط نیروگاه در طول یک زمان مشخص به میزان انرژی ورودی به نیروگاه که عموماً بصورت سوخت وارد نیروگاه می‌شود. از آنجایی که امروزه بشر مشکلی اساسی در تأمین انواع سوخت‌ها و استفاده آن‌ها در نیروگاه‌ها دارد همواره راندمان یا بازدهی به عنوان یکی از معیارها و شاخص-های اساسی در انتخاب نیروگاه‌ها مطرح بوده است. راندمان نیروگاه‌ها نیز تحت تأثیر عواملی از قبیل نوع نیروگاه (حرارتی، سیکل ترکیبی، بادی و ...)، سطح تکنولوژی بکار رفته در نیروگاه، میزان مصرف سوخت و ... می‌باشد.

---

[1]. Forced Outage Rate
[2]. Planned Outage Rate



شکل 2. 1. نمودار حالت‌های متفاوت یک واحد تولیدی (نیروگاه)

### 3.2.2 شاخص‌های فنی

همان‌طور که می‌دانیم یک نیروگاه از نظر فنی دارای پیچیدگی‌های بسیاری می‌باشد. از این‌رو برای کارکرد و بهره-برداری بهتر نیاز است که مسائلی از قبیل کلیدهای فشار قوی، سکسیونرها، کلید باسبار، روتورها، بویلرها، ... و همچنین سرعت قرار گیری در شبکه، کنترل آلاینده‌های زیست محیطی و ... در نظر گرفته شوند.

### 4.2.2 قیمت تمام شده

همان‌طور که می‌دانیم، در یکی دو دهه اخیر صنعت برق در سراسر دنیا دستخوش تغییرات بنیادینی گردیده است که از آن تحت عناوین مختلفی همچون "مقررات زدایی"، "تجدید ساختار در صنعت برق"، "تجدید قوانین" و یا ... یاد می شود. کشورهای مختلف با انگیزه‌های مختلفی وارد مرحله نوین صنعت برق گردیده‌اند. بازار برق ایران نیز با ابلاغ آیین نامه "تعیین روش، نرخ و شرایط خرید و فروش در شبکه برق کشور" راه‌اندازی گردید. از مهم‌ترین دلایل

- ایجاد فضای رقابتی در بخش‌های تولید و توزیع برق
- تامین منابع مورد نیاز از طریق حضور بخش غیر دولتی در سرمایه گذاری
- افزایش بهره‌وری اقتصادی

ساختار بازار برق ایران مدل آژانس خرید می‌باشد، که لازم است کلیه خریداران و فروشندگان در بازار برق حضور داشته باشند. از بارزترین مشخصه‌های بازار برق ایران می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- مدل بازار در بازار برق ایران بازار روز قبل می‌باشد.
- مدل حراج در بازار برق ایران حراج یک‌طرفه می‌باشد.
- پرداخت به فروشندگان بر مبنای روش پرداخت بر مبنای پیشنهاد می‌باشد.
- بازار برق ایران بازار عمده فروشی می‌باشد.
- نرخ خرید از بازار برق ایران به شکل یکنواخت و بر اساس قیمت تسویه بازار می‌باشد.
- پرداخت بابت خدمات انتقال بر مبنای آمادگی می‌باشد.

مدل بازار برق در ایران مدل Pool می‌باشد، که در این مدل شرکت در بازار برای کلیه خریداران و فروشندگان اجباری می‌باشد.

مدل پرداخت به فروشندگان در بازار برق ایران تمایزی و یا پرداخت بر مبنای پیشنهاد می‌باشد. در بازار برق ایران رقابت فروشندگان در بخش انرژی می‌باشد. فروشندگان مجاز هستند منحنی‌های عرضه انرژی را در پله‌های صعودی و حداکثر در 10 پله به بازار برق ارائه نمایند. در صورت پذیرش این قیمت‌ها در بازار برق بر مبنای قیمت پیشنهادی به واحدها پول پرداخت خواهد شد و نه بر مبنای حداکثر قیمت پذیرفته شده در بازار.

پرداخت بابت ظرفیت ثابت می‌باشد. در بازار برق بر اساس ظرفیت آماده تولید واحدهای نیروگاهی مبلغی بابت آمادگی به ازاء هر مگاوات ساعت آماده پرداخت می‌شود.

نرخ فروش انرژی به خریداران ثابت می‌باشد و یا به تعبیر دیگر دریافت از خریداران به شکل یکنواخت می‌باشد. در این حالت متوسط مبلغ پرداختی در کل کشور به ازاء تمام نیروگاه‌ها محاسبه شده و این نرخ در کل کشور ثابت می‌باشد و هر یک از خریداران بر اساس این نرخ بایستی به بازار برق پول پرداخت نمایند.

در حال حاضر فروشندگان برق شامل شرکت‌های برق/آب منطقه‌ای (شرکت‌های برق/آب منطقه‌ای به نمایندگی از نیروگاه‌های واقع در حوزه خود در بازار برق نقش فروشنده را ایفا می‌نمایند)، شرکت توانیر و نیروگاه‌های با خرید تضمینی می‌باشند. از سوی دیگر شرکت‌های برق منطقه‌ای در بازار برق نقش خریدار را نیز ایفا می‌نمایند.

به دلیل این بازار رقابتی که در اکثر کشورها از جمله کشور ما ایجاد شده است هرچه قیمت تمام شده انرژی الکتریکی کمتر باشد به همان میزان از دیدگاه بهره‌برداری باارزش‌تر و بهتر می‌باشد.

### 5.2.2 دیسپاچینگ

با توجه به گسترده شدن مصرف برق و وابستگی شدید صنعت به این نوع انرژی و یکپارچگی و پیوسته شدن شبکه-های انتقال و توزیع برق، نیازمند آن است که دائماً از طریق مراکزی مدیریت شود به نحوی که هم حوادث و اتفاقات تحت کنترل و نظارت باشد و هم مدیریت انرژی انجام گردد، که این‌کار توسط مراکزی به نام دیسپاچینگ انجام می-پذیرد.

هدف از این مدیریت اساساً به نوعی مدیریت اطلاعات است زیرا هدف اصلی دیسپاچینگ جمع‌آوری اطلاعات و در مرحله بعدی کنترل نظارت گونه می‌باشد. بدیهی است با اعمال این مدیریت به اهداف بسیاری می‌توان دست یافت. این سیستم در وزارت نیرو سال‌هاست اجرا شده است که در گذشته انجام این عملیات با استفاده خطوط مخابراتی و ارتباط کلامی انجام می‌شد ولی امروزه با توجه به پیشرفت تکنولوژی با بهره‌گیری از تجهیزات کامپیوتری تحولی اساسی در جمع‌آوری اطلاعات و نظارت و اجرای فرمان از راه دور از طریق امکانات کامپیوتری فراهم گردید. این تجهیزات کامپیوتری به طور کلی معروف به سیستم اسکادا (SCADA)[1] می‌باشند.

شبکه برق کشور از چهار بخش عمده تولید، انتقال، فوق توزیع و توزیع تشکیل شده است. به دلیل خصوصیات متفاوت، هریک از شبکه‌های مذکور توسط گروه‌های مجزایی نظارت و بهره‌برداری می‌شوند. سیستم دیسپاچینگ برق کشور دارای ساختاری متناسب و منطبق بر نیازهای هر گروه از گروه‌های نظارت و بهره‌برداری شبکه فوق الذکر می-باشد ازاین‌رو مراکز دیسپاچینگ برق در ایران که در سراسر کشور گسترده شده از نوع سلسله مراتبی بوده می‌باشد.

- **دیسپاچینگ ملی**

بالاترین رده در سلسله مراتب، دیسپاچینگ ملی می‌باشد که در تهران واقع است. وظایف دیسپاچینگ از نوع وظایف یک مرکز دیسپاچینگ جهت کنترل و مدیریت تولید نیروگاه‌های بزرگ در سطح کل شبکه سراسری برق می‌باشد. دیسپاچینگ ملی با نصب تجهیزات اسکادا در نیروگاه‌ها، ضمن قرائت تولید هر واحد و وضعیت آن‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای پیشرفته، بار واحدها را متناسب با فرکانس شبکه کنترل می‌کند از عمده از وظایف این مرکز کنترل فرکانس شبکه و کنترل ولتاژشبکه سراسری بصورت کلان، کنترل بار نیرگاه‌های با ظرفیت بیش از 100 مگاوات و هماهنگی با دیسپاچینگ‌های منطقه‌ای می‌باشد. در عین حال دیسپاچینگ ملی وظیفه حفظ و پایداری شبکه، و پیش‌بینی بار و مدیریت تولید، برنامه ریزی اقتصادی تولید و برنامه ریزی خاموشی‌ها و تعمیرات اساسی واحدها را نیز بعهده دارد.

اهم وظایف دیسپاچینگ ملی عبارت است از:

- پیش بینی نیاز مصرف در مقاطع سالانه، ماهیانه، هفتگی، روزانه، و لحظه‌ای

[1]. Supervisory Control And Data Acquisition

- برنامه ریزی و هماهنگی تولید مولدهای نیروگاهی شبکه با توجه به معیارهای اقتصادی.
- حفظ ایمنی و پایداری شبکه تولید و انتقال.
- بهره‌برداری بهینه و اقتصادی از منابع تولید و انتقال.
- نظارت بر عملکرد دیسپاچینگ مناطق.

وظایف فوق در حال حاضر در یک مرکز کنترل ملی و شش مرکز کنترل منطقه‌ای ذیل انجام می‌گردد:

1. دیسپاچینگ منطقه‌ای تهران
2. دیسپاچینگ منطقه‌ای اصفهان
3. دیسپاچینگ منطقه‌ای شمال‌غرب
4. دیسپاچینگ منطقه‌ای شمال‌شرق
5. دیسپاچینگ منطقه‌ای جنوب‌شرق
6. دیسپاچینگ منطقه‌ای جنوب‌غرب

این مراکز با برخورداری از پیشرفته‌ترین تکنولوژی و قابلیت‌های کنترل خودکار و کنترل از راه دور در رده مجهزترین مراکز کنترل جهان قرار دارند.

با توجه به توضیحاتی که ذکر گردید یکی از اساسی‌ترین معیارها جهت انتخاب بهترین نیروگاه از دیدگاه بهره‌برداری، میزان هماهنگی و همکاری هر یک از نیروگاه‌ها با مراکز دیسپاچینگ می‌باشد.

# فصل سوم

## نظریه فازی

در این فصل سعی می‌کنیم آشنایی مختصر و مفیدی با نظریه فازی پیدا کنیم، اعداد فازی و اصل توسیع را معرفی کرده و با $\alpha$- برش‌ها، نافازی‌سازها و رابطه‌های فازی و ترکیب آنان آشنا خواهیم شد تا بتوانیم از این نظریه در گسترش و دقت روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کنیم.

### 1.3 منطق فازی

منطق فازی در سال 1965 میلادی تولّد یافت [47]. منطق فازی نظریهٔ گسترده‌ای است که نظریهٔ مجموعه فازی، منطق فازی، اندازه فازی، و غیره را در برمی‌گیرد. نظریه مجموعه فازی توسعهٔ نظریه مجموعه معمولی است و منطق فازی نیز توسعهٔ منطق معمولی (دودویی) است؛ همچنین اندازهٔ فازی توسعهٔ اندازه احتمالی است. فازی بودن، همان طور که در منطق فازی بکار می‌رود، به انواع مختلف ابهام و عدم اطمینان و بخصوص به ابهامات مربوط به زبان بیانی و طرز فکر بشر اشاره دارد و با عدم اطمینانی که به وسیلهٔ نظریهٔ احتمال بیان می‌شود متفاوت است.

از سوی دیگر، معیار سنجش کلماتی مثل "زیبا" و "جوان" به دیدگاه شخصی فردی بستگی دارد که آن‌ها را داوری می‌کند و لذا ما نمی‌توانیم حتی با انجام آزمون‌های بی‌پایان یک قاعده اکید برای قضاوت در مورد آن‌ها وضع کنیم. برای مثال، یک مرد سی ساله ممکن است در یک کشتی تفریحی اقیانوس پیما که مسافران آن‌را غالباً افراد مسن تشکیل می‌دهند جوان تلقی شود، حال آن‌که همین مرد در جمع فارغ‌التحصیلان دبیرستان، دیگر جوان تلقی نخواهد شد. کلماتی مانند "زیبا" و "جوان" نظری هستند و به موقعیتی که در آن بکار گرفته می‌شوند بستگی دارند. منطق فازی می‌تواند ریاضی‌وار با این ابهامات برخورد نماید.