پایان‌نامه کارشناسی ارشد- گروه مهندسی برق

گرایش کنترل

عنوان:

استفاده از مجموعه‌های فازی نوع-۲ در روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی: رتبه‌بندی نیروگاه‌های تولید پراکنده

نگارنده:

بهرنگ سخایی

استاد راهنما:

دکتر علی وحیدیان کامیاد

شهریور ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحیم

پروردگارم، مهربانم، بر وصف تو چه خوانم که تو

یکتایی، بی همتایی، قیوم و توانایی، بر همه چیز بینایی، از همه عیب مصفایی، از داشتن شریک مبرایی، اصل هر دارویی، جان داروی دل هایی،

شهنشاه فرمانروایی، بالای تخت عرش معلایی، نه نیازمند مکانی نه آرزومند زمانی،

پیداست که در میان جانی و جان جانانی.

تقدیم به:

مادرم

چه به تو بخشم، که بهشت با تمام عظمتش در زیر قدم های توست.

پدرم

کدامین مهرت را سپاس گویم، که عاریت عالم در پیش تو شرمسار است.

و به همسر عزیزم مژگان

که مهربانی ات آرامش قلب من است.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۱ پیش‌گفتار ۱

۱-۱ مقدمه: ۱

۱-۲ اهداف پایان نامه ۳

۱-۳ فرآیند پژوهش ٤

۲ نیروگاه‌های تولید پراکنده و معیارهای انتخاب بهترین این نیروگاه‌ها ٥

۲-۱ مقدمه ٥

۲-۲ تولید پراکنده ٥

۲-۲-۱ هدف و موقعیت تولید پراکنده ٦

۲-۲-۲ توان نامی تولید پراکنده ۷

۲-۲-۳ نفوذ تولید پراکنده ۸

۲-۳ انواع نیروگاههای تولید پراکنده ۸

۲-۳-۱ توربین گازی ۸

۲-۳-۲ میکروتوربین ۸

۲-۳-۳ موتور دیزلی ۹

۲-۳-٤ توربین بادی ۹

۲-۳-٥ فتوولتائیک ۹

۲-۳-٦ توربین آبی نسبتا کوچک ۹

۲-۳-۷ نیروگاه های CHP خانگی ۱۰

۲-۳-۸ موتور گاز سوز ۱۰

۲-٤ معیارهای انتخاب بهترین نیروگاه تولید پراکنده از دیدگاه بهرهبرداری ۱۱

۲-٤-۱ عامل زیست محیطی ۱۱

۲-٤-۱-۱ انتشار آلودگی محیط زیست ۱۱
۲-٤-۱-۲ آلودگی صوتی ۱۲
۲-٤-۲ قیمت تمام شده ۱۲
۲-٤-۳ راندمان ۱٤
۲-٤-٤ عوامل فنی ۱٤
۲-٤-٥ سرمایه‌گذاری اولیه ۱٥
۲-٤-٦ مدت بهره برداری ۱٥
۳ نظریه مجموعه‌های فازی ۱٦
۳-۱ منطق فازی ۱٦
۳-۲ مجموعه های فازی ۱۷
۳-۳ مجموعه‌های فازی نرمال و محدب و عدد اصلی آنها ۱۷
۳-٤ اجتماع و اشتراک مجموعه‌های فازی ۱۸
۳-٤-۱ t_1 نرم ۱۸
۳-٤-۲ s نرم ۱۹
۳-٥ اعداد فازی و اصل توسیع ۲۰
۳-٥-۱ اصل توسیع ۲۰
۳-٥-۲ اعداد فازی ۲۱
۳-٥-۳ حساب اعداد فازی مبتنی بر اصل توسیع ۲۱
۳-٦ عدد فازی ذوزنقه‌ای ۲۲
۳-۷ اعداد فازی L-R ۲۳
۳-۷-۱ اعمال بر روی عدد L-R ۲٤
۳-۸ α-برش‌ها ۲٥
۳-۹ نافازی سازها یا غیر فازی کننده ها ۲٦
۳-۹-۱ روش مرکز ثقل ۲٦

۳-۹-۲ روش مرکز مجموعه‌ها ۲۶
۳-۹-۳ روش ارتفاع ۲۷
۳-۹-٤ روش مرکز بزرگترین سطح ۲۷
۳-۹-٥ روش ماکزیمم مقدار عضویت ۲۷
۳-۹-٦ روش نیمساز مساحت ۲۸
٤ نظریه مجموعه های فازی نوع-۲ ..... ۲۹
٤-۱ مقدمه ۲۹
٤-۲ چرا مجموعههای فازی نوع-۲!؟ ۳۱
٤-۳ نمایش مجموعههای فازی، نمادها و اصطلاحات ۳۳
٤-۳-۱ نمایش برش عمودی ۳٤
٤-۳-۲ نمایش برش موجی ۳۸
٤-۳-۳ نمایش با استفاده از صفحه-آلفا ٤۰
٤-٤ عملگرهای تئوری مجموعهها روی مجموعههای فازی نوع-۲ ..... ٤۱
٤-٤-۱ اجتماع، اشتراک و متمم مجموعههای فازی نوع-۲ با استفاده از نمایش برش عمودی ٤۱
٤-٤-۲ اجتماع، اشتراک و متمم مجموعههای فازی نوع-۲ با استفاده از نمایش برش موجی ٤۳
٤-٤-۳ اجتماع، اشتراک و متمم مجموعههای فازی نوع-۲ با استفاده از نمایش صفحه آلفا ٤٤
٤-٥ اعداد فازی مقدار بازهای $(IVFN)$ ٤٥
٤-٥-۱ اعمال بر روی اعداد فازی مقدار بازهای ٤۷
٤-٥-۲ $\boldsymbol{\alpha}$- برش برای اعداد فازی مقدار بازهای ٤۸
٤-٦ نافازی‌ساز در مجموعههای فازی نوع-۲ بازهای ٤۹
٤-٦-۱ روشهای نافازیساز مبتنی بر کاهندهی مرتبه ٤۹
٤-٦-۱-۱ مرکز ثقل مجموعههای فازی نوع-۲ ..... ٥۰
٤-٦-۱-۲ مرکز ثقل مجموعههای فازی نوع-۲ بازه‌ای ٥۳
٤-٦-۱-۳ کاهنده‌ی مرتبه حدود عدم قطعیت ٥٥

٤-٦-٢ نافازی‌سازی مجموعههای فازی نوع-٢ بازهای مبتنی بر روش مستقیم..... ٥٦
٤-٦-٢-١ روش BMM..... ٥٦
٥ فرآیند تحلیل سلسله مراتبی کلاسیک و فازی..... ٥٩
٥-١ فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)..... ٥٩
٥-١-١ مقدمه..... ٥٩
٥-١-٢ روش AHP..... ٦٠
٥-١-٣ محاسبه نرخ سازگاری..... ٧٠
٥-١-٤ کاربردهای AHP..... ٧٣
٥-٢ روش AHP فازی..... ٧٣
٥-٢-١ مقدمه..... ٧٤
٥-٢-٢ بررسی کارهای انجام شده در روش AHP فازی..... ٧٤
٥-٢-٣ روش ون لارهوفن و پدریز..... ٧٧
٥-٢-٤ روش AHP فازی باکلی..... ٧٩
٥-٢-٥ روش تحلیل حدی چانگ..... ٨١
٦ روش AHP با استفاده از ریاضیات فازی نوع-١ و نوع٢ بازهای..... ٨٤
٦-١ روش AHP با استفاده از ریاضیات فازی نوع-١..... ٨٤
٦-١-١ تشکیل ماتریس تصمیم تجمعی حاصل از مقایسه‌های زوجی فازی نوع-١..... ٨٦
٦-١-٢ محاسبه میزان سازگاری با استفاده از روش α-برشها..... ٨٧
٦-١-٣ محاسبه وزن نسبی و وزن کلی گزینه‌ها در روش AHP فازی نوع-١..... ٨٩
٦-١-٣-١ محاسبه وزن نسبی..... ٨٩
٦-١-٣-٢ محاسبه وزن کلی..... ٩٠
٦-٢ روش پیشنهادی AHP با استفاده از ریاضیات فازی نوع-٢بازهای..... ٩٠
٦-٢-١ تشکیل ماتریس تصمیم تجمعی حاصل از مقایسه‌های زوجی فازی نوع-٢ بازهای..... ٩٢
٦-٢-٢ محاسبه میزان سازگاری با استفاده از روش α-برشها روی اعداد فازی ذوزنقهای مقدار بازهای ٩٣

٦-٢-٣ محاسبه وزن نسبی و وزن کلی گزینهها در روش AHP فازی نوع-٢ بازهای ٩٦
٦-٢-٣-١ محاسبه وزن نسبی ٩٦
٦-٢-٣-٢ محاسبه وزن کلی ٩٧
٦-٣ رتبه بندی نیروگاههای تولید پراکنده از دیدگاه بهرهبرداری با استفاده از روش AHP فازی نـوع-١ و نـوع-٢ بازهای ٩٨
٦-٣-١ رتبه بندی نیروگاههای تولید پراکنده با استفاده از روش AHP فازی نوع-١ ..... ١٠٦
٦-٣-٢ رتبه بندی نیروگاههای تولید پراکنده با استفاده از روش پیشنهادی AHP فازی نوع-٢ بازهای ١١٣
٧ نتیجهگیری وپیشنهادات ١٢٠
٧-١ نتیجهگیری ١٢٠
٧-٢ پیشنهادات ١٢١
مراجع ١٢٢

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۳-۱: عدد فازی ذوزنقه ای..... ۲۲

شکل ٤-۱: توابع عضویت‌های مثلثی با نقاط انتهایی پایه همراه با عدم قطعیت ۳۳

شکل ٤-۲: نمایش برش عمودی تابع عضویت فازی نوع-۲..... ۳۵

شکل ٤-۳: نمایش برش عمودی به صورت ۲.۵ بعدی ۳۵

شکل ٤-٤: تابع عضویت فازی نوع-۲ بازهای گسسته ۳٦

شکل ٤-۵: تابع عضویت فازی نوع-۲ بازهای پیوسته..... ۳٦

شکل ٤-٦: مثال برای یک برش عمودی در تابع عضویت فازی نوع-۲ بازه‌ای گسسته بـرای مقـدار $x=2$ ۳٦

شکل ٤-۷: نمایش ۲-بعدی تابع عضویت فازی نوع-۲ بازه‌ای..... ۳۷

شکل ٤-۸: نمایش یک مجموعه فازی جاسازی شده به صورت یک منحنی موجی ۳۹

شکل ٤-۹:نمایش برش عمودی و برش موجی ٤۰

شکل ٤-۱۰: تابع عضویت فازی نوع-۲ با برش صفحه آلفا..... ٤۱

شکل ٤-۱۱:اجتماع و اشتراک دو تابع عضویت فازی نوع-۲ دلخواه ٤۲

شکل ٤-۱۲:(a) صفحات آلفا برای $\boldsymbol{A\alpha}$ و $\boldsymbol{B\alpha}$ ، (b) اجتماع آنها..... ٤۵

شکل ٤-۱۳: نمایش یک عدد فازی ذوزنقهای مقدار بازهای..... ٤۷

شکل ٤-۱٤: نمایش α-برش برای عدد فازی ذوزنقه‌ای مقدار بازه‌ای..... ٤۹

شکل ٤-۱۵: نمایش و تقریب با استفاده از توابع مثلثی..... ۵۲

شکل ٤-۱٦: نمایش حدود داخلی و خارجی و چگونگی محاسبه نقطه انتهایی سمت چپ و راسـت و خروجی نهایی..... ۵۵

شکل ٤-۱۷: نمایش مجموعه فازی نوع-۲ بازه‌ای در مثال ٤-۱..... ۵۷

شکل ۵-۱:ساختار سلسله مراتبی مثال ۱ ..... ٦۷

شکل ۵-۲: ماتریس مقایسه زوجی ۷۷
شکل ٦-۱: فلوچارت روش های مورد استفاده در این تحقیق ۸۵
شکل ٦-۲: (الف) اعداد فازی ذوزنقه‌ای نـوع-۱ بـرای متغیرهـای زبـانی در روش AHP (ب) مقـادیر بینابین ۸٦
شکل ٦-۳: نمایش عدد فازی مثلثی نوع-۱ با برش ۰.۵ ..... ۸۸
شکل ٦-٤: (الف) اعداد فازی ذوزنقه‌ای مقدار بـازه‌ای بـرای متغیـر هـای زبـانی در روش AHP (ب) مقادیر بینابین ۹۲
شکل ٦-۵: ساختار سلسله مراتبی برای مسئله رتبه بندی نیروگاه های تولید پراکنده ۹۸
شکل ٦-٦: میزان سازگاری برای ماتریس های تجمعی حاصل از مقایسه ها فازی نـوع-۱ بـه روش α-برش، (الف) برای ماتریس $\boldsymbol{G}$ ،(ب) برای ماتریس $\boldsymbol{C1}$ ،(ج) برای ماتریس $\boldsymbol{C2}$ ،(د) بـرای مـاتریس $\boldsymbol{C3}$ ،(ز) برای ماتریس $\boldsymbol{C4}$ ،(ه) برای ماتریس $\boldsymbol{C5}$ ،(ی) برای ماتریس $\boldsymbol{C6}$ ۱۰۸
شکل ٦-۷: میزان سازگاری ماتریس های تجمعی فازی نوع-۱ پس از نافازی سازی ۱۰۹
شکل ٦-۸: نتایج رتبه‌بندی نهایی با استفاده از سه روش نافازی‌سـازی در روش AHP فـازی نـوع-۱ (الف) روش مرکز ثقل (ب) روش نیمساز مساحت (ج) روش ماکزیمم میانگین ۱۱۲
شکل ٦-۹: میزان سازگاری برای ماتریس های تجمعی حاصل از مقایسه ها فـازی نـوع-۲ بازهـای بـه روش α-برش، (الف) برای ماتریس $\mathbf{G}$ ،(ب) برای ماتریس $\boldsymbol{C1}$ ،(ج) برای ماتریس $\boldsymbol{C2}$ ،(د) بـرای مـاتریس $\boldsymbol{C3}$ ،(ز) برای ماتریس $\boldsymbol{C4}$ ،(ه) برای ماتریس $\boldsymbol{C5}$ ،(ی) برای ماتریس $\boldsymbol{C6}$ ۱۱٤
شکل ٦-۱۰:میزان سازگاری ماتریس های تجمعی فازی نوع-۲ بازه‌ای پس از نافازی سازی ۱۱٦
شکل ٦-۱۱: نتایج رتبه بندی نهایی با استفاده از سه روش نافازی سازی در روش AHP فازی نـوع-۲ بازه‌ای (الف) روش مرکز ثقل (EKM) (ب) روش حدود عدم قطعیت (ج) روش BMM ۱۱۹

فهرست جدول‌ها

عنوان صفحه

جدول ۲-۱: مخفف نیروگاه های تولید پراکنده ۱۱

جدول ۲-۲: برخی از اطلاعات مربوطه در مورد نیروگاه های تولید پراکنده ۱۲

جدول ۵-۱:ماتریس مقایسه زوجی(۱) ٦۲

جدول ۵-۲:. ماتریس مقایسه‌های زوجی معیارها نسبت به هدف در مثال ۱ ..... ٦۸

جدول ۵-۳: ماتریس های مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیارها در مثال ٦۹

جدول ۵-٤: نتایج رتبه بندی نهایی برای مثال ۱ ..... ٦۹

جدول ۵-۵:مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی ۷۰

جدول ۵-٦: مقادیرشاخص سازگاری تصادفی با توجه به بعد ماتریس ۷۲

جدول ۵-۷: مقادیر $\boldsymbol{\mu wi(x)}$ ۸۰

جدول ۵-۸: تبدیل مقادیر زبانی به مقادیر فازی مثلثی ۸۳

جدول ٦-۱: تبدیل مقادیر زبانی به اعداد فازی ذوزنقه‌ای نوع-۱ ..... ۸۵

جدول ٦-۲: تبدیل مقادیر زبانی به اعداد فازی ذوزنقه‌ای مقدار بازه‌ای ۹۱

جدول ٦-۳: نتایج مقایسه‌ها زوجی معیارها توسط افراد خبره ۹۹

جدول ٦-٤: نتایج مقایسه‌ها زوجی‌گزینه‌ها نسبت به معیار $\boldsymbol{C1}$ توسط افراد خبره ۱۰۰

جدول ٦-۵:نتایج مقایسه‌ها زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار $\boldsymbol{C2}$ توسط افراد خبره ۱۰۱

جدول ٦-٦: نتایج مقایسه‌ها زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار $\boldsymbol{C3}$ توسط افراد خبره ۱۰۲

جدول ٦-۷: نتایج مقایسه‌ها زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار $\boldsymbol{C4}$ توسط افراد خبره ۱۰۳

جدول ٦-۸: نتایج مقایسه‌ها زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار $\boldsymbol{C5}$ توسط افراد خبره ۱۰٤

جدول ٦-۹: نتایج مقایسه‌ها زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار $\boldsymbol{C6}$ توسط افراد خبره ۱۰۵

جدول ٦-۱۰:ماتریس مقایسه‌ها زوجی فازی نوع-۱ معیارها حاصل از فرد خبره $\boldsymbol{E\ 1}$ ۱۰٦

جدول ٦-۱۱:ماتریس مقایسه‌ها زوجی فازی نوع-۱ معیارها حاصل از فرد خبره $\boldsymbol{E\ 2}$ ۱۰٦

جدول ٦-۱۲:ماتریس مقایسه‌ها زوجی فازی نوع- معیارها۱ حاصل از فرد خبره $\boldsymbol{E\ 3}$ ۱۰٦

جدول ٦-١٣: ماتریس تصمیم تجمعی حاصل از مقایسه‌های فازی نوع-١ معیارها نسبت به هدف. ١٠٧
جدول ٦-١٤: بردار وزن نسبی ماتریس تصمیم تجمعی فازی نوع-١ **G**، به سه روش نافازی‌سازی ١١٠
جدول ٦-١٥:بردار وزن نسبی ماتریس تصمیم تجمعی فازی نوع-١ $C1$، به سه روش نافازی‌سازی ١١٠
جدول ٦-١٦:بردار وزن نسبی ماتریس تصمیم تجمعی فازی نوع-١ $C2$، به سه روش نافازی‌سازی ١١٠
جدول ٦-١٧:بردار وزن نسبی ماتریس تصمیم تجمعی فازی نوع-١ $C3$، به سه روش نافازی‌سازی ١١١
جدول ٦-١٨:بردار وزن نسبی ماتریس تصمیم تجمعی فازی نوع-١ $C4$، به سه روش نافازی‌سازی ١١١
جدول ٦-١٩:بردار وزن نسبی ماتریس تصمیم تجمعی فازی نوع-١ $C5$، به سه روش نافازی‌سازی ١١١
جدول ٦-٢٠: بردار وزن نسبی ماتریس تصمیم تجمعی فازی نوع-١ $C6$، به سه روش نافازی‌سازی ١١٢
جدول ٦-٢١: وزن نهایی گزینه ها در روش AHP فازی نوع-١ با استفاده از سه روش نافازی‌سازی ١١٢
جدول ٦-٢٢: بردار وزن نسبی ماتریس تصمیم تجمعی فازی نوع-٢ بازه ای G، به سه روش نافازی سازی ١١٦
جدول ٦-٢٣: بردار وزن نسبی ماتریس تصمیم تجمعی فازی نوع-٢ بازه‌ای $C1$، به سه روش نافازی‌سازی ١١٧
جدول ٦-٢٤: بردار وزن نسبی ماتریس تصمیم تجمعی فازی نوع-٢ بازه‌ای $C2$، به سه روش نافازی‌سازی ١١٧
جدول ٦-٢٥: بردار وزن نسبی ماتریس تصمیم تجمعی فازی نوع-٢ بازه‌ای $C3$، به سه روش نافازی‌سازی ١١٧
جدول ٦-٢٦:بردار وزن نسبی ماتریس تصمیم تجمعی فازی نوع-٢ بازه‌ای $C4$، به سه روش نافازی‌سازی ١١٨
جدول ٦-٢٧:بردار وزن نسبی ماتریس تصمیم تجمعی فازی نوع-٢ بازه‌ای $C5$، به سه روش نافازی سازی ١١٨
جدول ٦-٢٨:بردار وزن نسبی ماتریس تصمیم تجمعی فازی نوع-٢ بازه‌ای $C6$، به سه روش نافازی سازی ١١٨
جدول ٦-٢٩: وزن نهایی گزینه ها در روش AHP فازی نوع-٢ بازه‌ای با استفاده از سه روش نافازی

سازی ۱۱۹

فصل اول

پیش گفتار

۱-۱ مقدمه:

مهمترین عامل در زندگی و موجودیت مواد، انرژی است؛ که آن را جوهره حیات نامیده‌اند. مصرف انرژی به عنوان یک عامل تولید بسیار مهم، خصوصا بعد از انقلاب صنعتی، در فرآیند تولید هر محصولی نقش بسزایی داشته است. در حال حاضر انرژی ابزار سیاسی، اقتصادی و استراتژیک است و امنیت کشورهای جهان نیز در گرو دسترسی مطمئن به انرژی است. در سال‌های اخیر بحران انرژی، کشورهای جهان را بر آن داشته که با مسائل مربوط به انرژی، برخوردی متفاوت کنند؛ که در این میان جایگزینی انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر، کنترل عرضه و تقاضای انرژی و کاهش آلاینده‌ها با استقبال فراوانی روبه‌رو شده است. به منظور تامین تقاضای برق هر یک از مصرف کنندگان، بایستی در جهت تولید انرژی مورد نیاز تلاش نمود. انرژی مورد نیاز بواسطه‌ی نیروگاه‌ها و مولدهایی که به دست انسان ساخته شده است تبدیل به برق می‌شود و در جامعه تزریق می‌شود. تاکنون برق مورد نیاز جامعه بواسطه‌ی نیروگاه‌های بزرگ و متمرکز که هزینه‌های بسیار برای بشر داشته است تولید می‌شد. ولی در حال حاضر یکی دیگر از راه‌های تولید برق، تولید پراکنده با مولدهای گوناگون و در حجم‌های مختلف است که صنعت برق را متحول کرده و منافع زیادی به همراه دارد. یکی از تفاوت‌های موجود تولید برق در شبکه-های سراسری (روش کنونی) با تولید پراکنده در این نکته است که تولید در شبکه سراسری در حجم عظیمی صورت می‌گیرد و سپس به وسیله‌ی شبکه انتقال و توزیع به سمت مصرف کننده‌ها فرستاده می-

شود. درحالیکه مولدهای تولید پراکنده بنا به درخواست، در محل مصرف یا نزدیک به مصرف کننده‌ها نصب و در حجم‌های مختلف تولید و مصرف می‌شوند.

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 مقایسه‌ی درستی بین جایگزینی‌ها یاآلترناتیوها 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 جنس‌های 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 تصمیم‌گیری 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[84]. 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 امکان‌پذیر است.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در سال ۱۹۸۰ توسط آقای ساعتی مطرح گردید[40]. اگر چه افراد خبره

---

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

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 پیش‌بینی بلند مدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت. در سال ۱۹۸۳ دو محقق هلندی به نام‌های لارهورن و پدریز [54] روشی را برای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی پیشنهاد نمودند که بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی بنا نهاده شده بود. این تحقیق اولین تحقیق در زمینه ترکیب AHP با نظریه فازی بود. پیچیدگی مراحل این روش باعث شده این روش چندان مورد استفاده قرار نگیرد.

۱-۲ اهداف پایان نامه

روش‌هایی که تاکنون در مسائل AHP فازی مطرح شده‌اند به طور کلی همه بر اساس منطق فازی نوع-۱ بوده‌اند. از این رو در این پایان‌نامه بر آن شدیم که مسئله‌ی تصمیم‌گیری چند معیاره AHP را با مجموعه‌های فازی مقدار بازه‌ای (مجموعه‌های فازی نوع-۲ بازه‌ای) بیان کنیم.

به طور کلی یکی از ویژگی‌های مهم مجموعه‌های فازی نوع-۲ بیان ابهام می‌باشد. به طوری که در مواردی که نمی‌توان تابع عضویت دقیقی برای یک مجموعه‌ی فازی بدست آورد، می‌توان از فازی نوع-۲ استفاده کرد. در حالی که مجموعه‌های فازی نوع-۱ فقط رفع ابهام می کنند. چرا که مقدار تابع عضویت آن‌ها در هر نقطه دارای یک مقدار قطعی می‌باشد و نمی‌تواند کلیه ابهامات را به طور کامل توجیه نماید. پس بنابراین مجموعه‌های فازی نوع-۲ بهتر می‌توانند در برابر عدم قطعیت، در مقایسه با مجموعه‌های فازی نوع-۱، عملکرد بهتری نشان دهند.پس به این دلیل می‌توانیم مجموعه‌های فازی مقدار بازه‌ای را در موقعیت‌هایی که اطلاعات در زمینه آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره مبهم و غیرقطعی است؛ به کار ببریم. هدف ما این است که روش تصمیم‌گیری چند معیاره AHP را با این‌گونه مجموعه‌های فازی، برای مسئله رتبه‌بندی نیروگاه‌های تولید پراکنده با توجه به معیارهای موجود، مورد بررسی قرار دهیم ونتایج حاصله از این مسئله را با روش AHP فازی نوع-۱ مشابه، مقایسه کرده و در نهایت محاسن و معایب این دو روش را با هم مقایسه کنیم. همچنین روشی تحت عنوان ماتریس تصمیم تجمعی[1]، برای جمع‌آوری داده‌ها از

[1]. Collective Decision Matrix

متخصصین ارائه می‌دهیم و برای سازگاری ماتریس‌ها یک رویکرد متفاوت ارائه خواهیم کرد.

۱-۳ فرآیند پژوهش

این پایان‌نامه در هفت فصل تهیه شده است. در فصل اول مقدمه‌ای مطرح شد و همچنین اهداف این پایان‌نامه بیان شد. در فصل دوم به بررسی نیروگاه‌های تولید پراکنده و معیارهایی که در انتخاب بهترین این نوع نیروگاه‌ها از نظر بهره‌برداری مناسب می‌باشند می‌پردازیم. در فصل سوم به طور مختصر قسمت‌هایی از مجموعه‌های فازی نوع-۱ را که در این پایان‌نامه مورد استفاده قرار می‌گیرد بیان می کنیم. در فصل چهارم نظریه مجموعه‌های فازی نوع-۲ و مجموعه های فازی نوع-۲ بازه‌ای را بیان خواهیم کرد. فصل پنجم 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 بررسی می‌کنیم و در نهایت چهار روش اصلی AHP فازی را توضیح خواهیم داد.در فصل ششم در ابتدا یک روش AHP فازی نوع-۱ را مورد بررسی قرار خواهیم داد و سپس این را روش را بر اساس ریاضیات فازی-۲ بازه‌ای گسترش خواهیم داد و در نهایت این دو روش را روی مساله نیروگاه‌های تولید پراکنده پیاده سازی خواهیم کرد و نتایج دو روش را با هم مقایسه می‌کنیم. و در نهایت در فصل هفت به جمع بندی، نتیجه گیری و پیشنهادات می‌پردازیم.

فصل دوم

نیروگاه‌های تولید پراکنده و معیارهای انتخاب بهترین این نیروگاه‌ها

در این فصل به معرفی نیروگاه‌های تولید پراکنده و معیارهایی که در انتخاب بهترین این نوع نیروگاه‌ها از دید بهره‌برداری تاثیر گذار هستند می‌پردازیم.

۲-۱ مقدمه

تولیدات پراکنده منابع تولید انرژی الکتریکی هستند که به شبکه توزیع متصل می‌گردند. این منابع در مقایسه با ژنراتورهای بزرگ و نیروگاه‌ها، حجم و ظرفیت تولید کمتری داشته و با هزینه پایین تری راه-اندازی می‌شوند. همچنین اتصال این منابع به شبکه‌های توزیع منافع زیادی به دنبال دارد. از جمله مواردی که استفاده از واحدهای تولید پراکنده را مورد توجه قرار می‌دهد می‌توان به مسائلی نظیر مسائل اقتصادی در توسعه نیروگاه‌ها، کاهش آلودگی محیط زیست، بازدهی این منابع در تولید برق، بالا بردن کیفیت برق رسانی به مشتریان، کاهش تلفات در شبکه‌های توزیع، بهبود پروفیل ولتاژ، آزاد سازی ظرفیت شبکه و بسیاری از موارد دیگر اشاره نمود.[85]

۲-۲ تولید پراکنده

تولید برق در شبکه توزیع، محل مصرف و یا در نزدیکی آن با استفاده از سیستم‌های تولید برق نسبتا کوچک(مولدهای مقیاس کوچک) که به شبکه توزیع متصل و از نظر سایز، عملکرد و توسعه‌پذیری نسبت به نیروگاه‌های بزرگ و متمرکز انعطاف‌پذیرتر می باشد را تولید پراکنده گویند[1-4]. این روش تولید در

جایی که تولید سراسری و سیستم انتقال با مشکل مواجه و غیرقابل عبور باشد؛ به کار می‌آید و می‌توانـد در ظرفیت‌های انتقالی و توزیعی به عنوان جانشینی در جهت سرمایه‌گذاری موجود استفاده گـردد[5]. بـه طـور کلی هر نوع تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی که قابلیت ادغام شدن در سیستم توزیع را دارد و یا از سـمت مصرف‌کننده دستگاه اندازه‌گیری به شبکه متصل شده است می‌تواند تحت عنوان تولید پراکنده قـرار بگیـرد. آژانس بین‌المللی انرژی پنج عامل را که در تکامل روند تولید پراکنده موثر است، چنین فهرست می‌نماید:

- توسعه تکنولوژی‌های تولید پراکنده
- محدودیت در بنا کردن خطوط جدید انتقال
- افزایش تقاضای مشتریان به برق مورد اعتماد
- مکانیزم بازار آزاد
- تغییر شرایط جوی

تغییرات پیش‌رو در صنعت برق، پیشرفت‌های تکنولوژیکی و مشکلات ناشـی از احـداث و نگهـداری نیروگاه‌های بزرگ و شبکه‌های سراسری انتقال و توزیع، تولید پراکنده را به پدیده‌ای مهـم بـا چشـم‌انـدازی روشن تبدیل کرده است. منافع تولید پراکنده به دو بخش ساختار و بازار تقسـیم مـی‌شـود. منـافعی کـه بـه ساختار این تولید مربوط می‌شود و هیچ‌گونه ربطی به بازار ندارد مانند: کاهش نیاز به افزایش ظرفیـت بـرق شبکه، احداث و بهره‌برداری بسیار آسان و سریع، تولید برق با کیفیت بالا و امکان استفاده از گرمای حاصله به صورت همزمان، صرفه‌جویی زیاد در مصرف انرژی، کاهش تلفات و آزادسازی ظرفیـت خطـوط انتقـال انرژی، امکان استفاده از منابع انرژی اولیه متنوع مانند بیوگاز، گـاز طبیعـی، و غیـره، افـزایش امنیـت تـامین انرژی برای مصرف کننده‌ی نهایی خصوصا در صنایع، انتشار آلاینده‌های زیست محیطی پایین. و منافعی کـه به بازار بر می‌گردد و هرگونه نظم و سازماندهی بازار بر آن تاثیر می‌گذارد مانند: صرفه‌جویی اقتصادی بـرای مصرف‌کننده نهایی، تغییر در عرضه نسبت به قیمت‌های بی‌ثبات برق [6].

۲-۲-۱ هدف و موقعیت تولید پراکنده

هدف تولید پراکنده فراهم آوردن منبعی فعال و آماده جهت تولید برق می‌باشد که مـی‌توانـد پشـتیبانی شبکه را به همراه داشته باشد[1]. در این روش با توجه به امکان‌سنجی سرمایه‌گذار، سایز و نوع عملکرد در تولید متغییر می‌باشد.

تعریف موقعیت نیروگاه‌های تولید پراکنده در بین صاحب‌نظران متفاوت است. اما ایده‌ی اصلی در تولید پراکنده، موقعیت مولدها را در نصب و عملکرد آن‌ها نسبت به قرار گرفتن نیروگاه نزدیک به بار شبکه و به نوعی متصل به شبکه توزیع یا در اتصال به شبکه داخلی مصرف کننده تعریف می‌کند [2,1].

۲-۲-۲ توان نامی تولید پراکنده

قدرت نامی یک توربین از طرف سازنده‌ی آن بر روی پلاک مشخصات آن بر حسب اسب بخار یا مگاوات نوشته می‌شود. در مولدهای مقیاس کوچک نیز بر حسب کیلووات ساعت نوشته می‌شود. همچنین حداکثر ظرفیتی که می‌تواند به سیستم توزیع متصل شود به ظرفیت خود سیستم بستگی دارد. موسسه تحقیقاتی برق، تولیدهای پراکنده را به عنوان مولدهایی که از چند کیلو وات تا ۵۰ مگاوات تولید می‌نماید؛ معرفی می‌کند. در حالی که موسسه تحقیقاتی گاز، تولید پراکنده را بین ۲۵ کیلووات تا ۲۵ مگاوات و پریستون و راستلر سایز تولید مولدها را بین چند کیلووات تا بالای ۱۰۰ مگاوات تعیین می‌نماید. توان تولید پراکنده در کشورهای مختلف تعاریف مختلفی دارد:

۱. در بازار برق انگلیس و ولش، اصطلاح تولید پراکنده در واحدهای تولید برق برای توان نامی با ظرفیت کمتر از ۱۰۰ مگاوات کاربرد دارد.
۲. معاونت امور برق و انرژی وزارت نیروی برق ایران تولید پراکنده را به عنوان مجموعه‌ای از دستگاه‌ها و تاسیسات که ظرفیت عملی تولید آن در محل اتصال به شبکه توزیع از ۲۵ مگاوات بیشتر است؛ تعیین می‌نمایند.
۳. قوانین موجود در سوئد حداکثر ظرفیت تولیدی توسط مولدهای کوچک را ۱۵۰۰ کیلووات تعیین می‌کند.

حداکثر توان نامی تولید برای مولدها به وضعیت شبکه توزیع بستگی دارد. تقسیم‌بندی توان نامی تولید پراکنده به ترتیب عبارت است از:

تولید خرد: ۱وات تا ۵کیلووات

تولید کوچک: ۵کیلووات تا ۵مگاوات

تولید متوسط: ۵مگاوات تا ۵۰مگاوات