نشریه علمی-تخصصی تبدیل انرژی (JEED)
دوره ۱۰، شماره ۱، زمستان۱۴۰۲، ص: ۵۷- ۸۰

J. Energy Conversion
Volume: 10, Issue: 1, 2023: 57−80

DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9

انتخاب بهینه تجهیزات نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک متصل به شبکه با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

پدرام احدی[۱]، فربد فخرآبادی[۲*]، علیرضا پورشقاقی[۳]، فرشاد کوثری[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران، (pedram.ahadi91@gmail.com)
*۲- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران، (Farbod.Fakhrabadi@iau.ac.ir)
۳- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران، (apoursh@gmail.com)
۴- استاد، گروه مهندسی مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران، (farshad.kowsary@gmail.com)

دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۵، بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۰۳، پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰

چکیده

انتخاب تجهیزات بهینه نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک یکی از مهم ترین انتخاب ها است که نیاز به تصمیم گیری چند معیاره دارد، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از گسترده ترین ابزارهای تصمیم گیری چندمعیاره است. مطالعهٔ کنونی با هدف انتخاب بهینه تجهیزات نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک متصل به شبکه با استفاده از روش (AHP) و بهره گیری از نرم افزار Expert choice انجام گرفته است. معیارها و زیرمعیارهایی از قبیل راندمان، قیمت، تعداد سال گارانتی و تعداد تجهیزات مورد ملاحظه قرار گرفته اند. به منظور انتخاب تجهیزات بهینه با استفاده از روش (AHP) که در نرم افزار Expert choice عملی می شود، بعد از تعیین سطوح سلسله مراتبی شامل هدف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه¬ها (تجهیزات مورد نظر)، مقایسهٔ زوجی بین مجموعه¬ها برای وزن دهی انجام می‌شود. در عین وزن دهی به مجموعه ها تجزیه و تحلیل سازگاری قضاوت ها صورت می گیرد که باید کمتر از ۰/۱ باشد. این پژوهش بر روی تجهیزات موجود در بازار کشور ایران در نظر گرفته شده است. از میان تجهیزات موجود با توجه به مقیاس در نظر گرفته شده، بهترین پنل ۵۰۰ W MonoTrina solar و بهترین اینورتر۲۵ kw Growatt MID KTL3-X می باشد. سایر گزینه‌ها با توجه به وزن مورد نظر در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. همچنین آنالیز حساسیت بر روی معیارهای اصلی انجام و تاثیر وزن پارامترها بر روی گزینه‌ها ارزیابی گردید.

* **عهده‌دار مکاتبات:** Farbod.Fakhrabadi@iau.ac.ir

کلمات کلیدی: انرژی تجدید پذیر، نیروگاه خورشیدی ، بهینه سازی، تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، Expert choice

۱- مقدمه

رشد قابل توجه انرژی خورشیدی نشان از اهمیت روز افزون این منبع انرژی پاک را دارد. میزان تابش انرژی خورشیدی در نقاط گوناگون جهان یکسان نبوده و در کمربند خورشیدی زمین بیشترین مقدار را داراست. ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند تابشی خورشید از پتانسیل بالایی در زمینه بهره‌برداری از این موهبت خدادادی برخوردار است. به طوری که در ٪۹۰ مساحت آن بیش از ۳۰۰ روز آفتابی مؤثر وجود دارد. میزان تابش خورشید در نقاط گوناگون ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال تخمین زده می‌شود که بالاتر از میزان متوسط جهانی است. این پتانسیل مطلوب انرژی خورشید در کشور، زمینه مناسبی برای استفاده از تجهیزات خورشیدی فراهم نموده است.

نحوه استناد به این مقاله: پدرام احدی، فربد فخرآبادی، علیرضا پورشقاقی، فرشاد کوثری. انتخاب بهینه تجهیزات نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک متصل به شبکه با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. مهندسی مکانیک تبدیل انرژی. ۱۴۰۲; ۱۰ (۱) :۵۷-۸۰. DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

انتخاب تجهیزات بهینه نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک متصل به شبکه یکی از مهم ترین انتخاب ها است که نیاز به تصمیم گیری چند معیاره دارد، فرآیند تحلیل سلسله مراتب (AHP) روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم گیری متضاد، انتخاب بین گزینه ها را با مشکل مواجه می سازند مورد استفاده قرار می گیرد، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از گسترده ترین ابزارهای تصمیم گیری چندمعیاره می باشد[۱]. در ارزیابی هر موضوعی ما نیاز به معیار اندازه گیری، یا شاخص داریم. انتخاب شاخص های مناسب به ما این امکان را می دهد که مقایسه درستی بین گزینه ها را به عمل آوریم. اما وقتی که چند، یا چندین شاخص برای ارزیابی در نظر گرفته می شود، کار ارزیابی پیچیده می شود و پیچیدگی کار زمانی بالا می گیرد که معیارهای چند، یا چندین گانه باهم در تضاد و از جنس های مختلف باشند. در این هنگام کار ارزیابی و مقایسه از حالت ساده تحلیلی که ذهن قادر به انجام آن است، خارج می شود و به ابزار تحلیل عملی نیاز خواهد بود. AHP[1]، یکی از گسترده ترین ابزارهای تصمیم گیری چند معیاره است[۲]. این روش ارزیابی چند معیاری، ابتدا در سال ۱۹۸۰ توسط توماس ال. ساعتی برای بیان تصمیم گیری های چند معیاره پیشنهاد شد و تا کنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است[۳]. این روش مجموعه ای از اندازه گیری متفاوت جامع در داخل بخش کلی برای ارزیابی گزینه های تصمیم است. ویژگی اصلی آن بر اساس قضاوت دوتایی است. مبانی نظری و تنظیمات ریاضی روش AHP در بسیاری از مقالات تحقیقاتی ارائه شده است[۴].

ساعتی و همکاران روش مقیاس بندی برای اولویت ها در روش AHP را ارائه دادند، پیتر بلر در یک رساله دکتری اخیر، این ایده ها را برای طراحی یک پارک انرژی با استفاده از سلسله مراتب همراه با تجزیه و تحلیل ورودی- خروجی به کار برده است، آن ها مدل سازی مشکلات پیچیده با سلسله مراتب همراه با مشارکت و تعامل میان افراد مربوطه را مفید دانستند[۵]. وارگاس و همکاران به شرح روش AHP و کاربرد آن برای مسائل مختلف تصمیم گیری پرداخته اند[۶]. ایلانگکوماران و همکاران اجرای ترکیبی احتمالی روش AHP و سایر روش های تصمیم گیری یا نظریه فازی پیشنهاد کردند، آنها به این نتیجه رسیدند که یک فرآیند مقایسه زوجی کارآمد و رتبه‌بندی جایگزین‌ها را می‌توان برای انتخاب استراتژی تعمیر و نگهداری از طریق ادغام روش AHP با تئوری مجموعه‌های فازی و TOPSIS بدست آورد[۷]. ون و همکاران در تحقیق خود راه هایی را که از طریق آنها می توان رضایت مشتری را بهبود بخشید ارائه دادند، آن ها نشان دادند که چگونه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می تواند در انتخاب بین تعدادی از پروژه های بهبود کیفیت جایگزین استفاده شود. آن ها نتیجه گرفتند که روش AHP می‌تواند به عنوان بهترین روش برای برقراری ارتباط و تبدیل دانش بین متخصصان رشته های مختلف در طول پروژه های بهبود کیفیت انتخاب شود[۸]. سینیلی و همکاران به منظور توانمندسازی تصمیم گیرندگان برای تمرکز بر گزینه های ترجیحی، از روش AHP برای اولویت بندی سیاست های مختلف حفظ انرژی استفاده کردند، آن ها عملکرد پنج روش MCDA (مانندMAUT،AHP، PROMETHEE، ELECTRE و DRSA) با توجه به ده معیار حیاتی که ابزارهای ارزیابی می باشند را ارائه کردند که از جمله آن ها می‌توان به چشم‌انداز چرخه عمر، مدیریت آستانه و عدم قطعیت، پشتیبانی نرم‌افزار اشاره کرد. سهولت استفاده این بررسی نشان می‌دهد که درک MAUT و AHP نسبتاً ساده هستند و از نرم‌افزار پشتیبانی خوبی برخوردارند، اما از نظر شناختی برای تصمیم‌گیرندگان تنها می‌توانند دیدگاه پایداری ضعیفی را بپذیرند. اطلاعات مختلط و عدم قطعیت را می توان با همه روش ها مدیریت کرد، در حالی که نتایج قوی فقط با MAUT بدست می آید[۹]. پودگروسکی و همکاران با توجه به افزایش علاقه به مدیریت محیط زیست و انرژی، افزایش در کاربرد روش AHP تعدادی از روش های تصمیم گیری چند معیاره برای اهداف اولویت بندی را مورد استفاده قرار دادند، آن ها در این مقاله کاربرد روش AHP برای انتخاب KPI های پیشرو برای اندازه‌گیری عملکرد عملیاتی OSH MS را نشان دادند[۱۰]. مورنو و همکاران یک ماژول صفحه‌گسترده توسعه‌یافته با مایکروسافت اکسل و ویژوال بیسیک برای جستجوی اجماع در هنگام برخورد با AHP در تصمیم‌گیری گروهی را ارائه می‌کنند، بر اساس نتایج نظری موجود صفحه گسترده این ماژول به ما این امکان را می دهد که در یک زمینه محلی (یک معیار)، ماتریس اجماع سازگار (CCM) مطابق با هسته

[1] Analytical Hierarchy process

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

سازگاری فرآیند تصمیم گیری را بسازیم. با استفاده از تکنیک‌های شبیه‌سازی، این ماژول برای هر یک از مقادیر مختلف آستانه‌های ناسازگاری در نظر گرفته شده اند. با این حال، بررسی پیشینه تحقیقات نشان می‌دهد که روش AHP یکی از محبوب‌ترین و پرکاربردترین روش‌ها در عمل است[۱۱]. نویسندگان مختلف تلاش هایی را برای اولویت بندی بخش های صنعتی در آثار خود انجام دادند، آنها در به کارگیری یک روش تصمیم گیری چند معیاره جامع کوتاهی در پژوهش خود استفاده کردند[۱۶-۱۲]. بوجانا و همکاران در مورد اولویت بندی بخش های تولید در صربستان برای بهبود مدیریت انرژی – از روش AHP در تحقیق خود استفاده نمودند، به عنوان بخشی از یک مطالعه گسترده تر، با هدف بهبود مدیریت انرژی در صربستان، سه بخش تولیدی با بالاترین اولویت (ساخت محصولات غذایی، ساخت وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیمه تریلر ، ساخت سایر محصولات معدنی غیرفلزی) از نظر جریان های فرآیند انرژی، اجرای سیستم مدیریت انرژی و سایر موضوعات مرتبط مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند[۱۷]. همچنین به طور مشابه از روش AHP برای تصمیم گیری در بسیاری از کشورها مانند چین، مالزی، نپال، هند، عمان، پاکستان و اندونزی برای مدیریت انرژی پایدار استفاده می شود [۲۵-۱۸]. سودیپ و همکاران در پژوهش خود اولویت‌بندی فناوری‌های غیرمتمرکز انرژی‌های تجدیدپذیر برای مناطق روستایی منطقه بوندلکند، هند با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را بکار بردند، این تحقیق بر روی فن‌آوری‌های غیرمتمرکز انرژی تجدیدپذیر تمرکز دارد. چهار معیار اصلی به‌عنوان معیارهای فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی برای این پژوهش انتخاب شده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که سیستم فتوولتائیک خورشیدی بالاترین رتبه نهایی را به دست آورده است و پس از آن هضم بی هوازی و تبدیل به گاز زیست توده قرار گرفته است [۲۶]. همچنین کاربردهای متعددی از روش دلفی و AHP توسط آمر و همکاران در زمینه صنعت فتوولتائیک و انرژی تجدیدپذیر برای تولید برق مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت، در این تحقیق برخی از گزینه‌های انرژی تجدیدپذیر برای تولید برق برای پاکستان از دیدگاه‌های متعدد شامل جنبه‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و سیاسی بررسی شدند. روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای اولین بار برای بخش انرژی در پاکستان استفاده شد[۲۷]. مایی و همکاران یک مدل AHP برای اولویت بندی و انتخاب فناوری های انرژی تجدیدپذیر، از جمله سیستم فتوولتائیک خورشیدی برای کشورهای در حال توسعه ارائه کردند که برای اولین بار در پاکستان به کار گرفته شد، نتایج تجربی نشان می‌دهد که مزایای یک فناوری مهم‌ترین عامل در میان معیارهای انتخاب فن‌آوری است، و اینکه باید سلول‌های خورشیدی چند پیوندی و آمورف سیلیکونی میکروکریستالی به عنوان فناوری‌های اصلی صنعتی توسعه یابند[۲۸]. یانگ و همکاران در مورد انتخاب فناوری های کلیدی توسط صنعت فتوولتائیک سیلیکونی بر اساس روش دلفی و AHP (فرایند سلسله مراتبی تحلیلی) در کشور چین را مطالعه نمودند، در این پژوهش پانزده فناوری اصلی کلیدی شامل هفت فناوری مربوط به ساخت سلول‌ها انتخاب شده اند و مشخص شد که فناوری‌های با پتانسیل بالا برای هزینه و مصرف انرژی عمدتاً در قسمت جلویی زنجیره صنعتی توزیع می‌شوند، در حالی که فناوری‌های کلیدی برای بهبود کارایی عمدتاً در قسمت عقب متمرکز شده اند[۲۹]. ناییان و همکاران در پژوهش خود یک روش ترکیبی AHP/FCE را برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های گرمایش فضای خانه‌های روستایی انجام دادند[۳۰]. ژانگ و همکاران در پژوهش خود به بررسی بهینه سیستم‌های گرمایش فضای منازل روستایی با استفاده از روش‌های AHP و FCE پرداختند، در این پژوهش وزن شاخص های مختلف برای پنج سیستم با استفاده از روش AHP تعیین شد و در نتیجه، ترتیب اولویت پنج سیستم با استفاده از FCE فهرست شد. نتایج مدل‌سازی نشان داد که از بین پنج سیستم منتخب، سیستم گرمایش خورشیدی زیست توده بهترین عملکرد را ارائه می‌دهد[۳۱]. روش AHP تعادلی بین عوامل کمی و کیفی برقرار می کند. روش AHP به دلیل سادگی ریاضی و انعطاف پذیری آن، یک ابزار تحقیقاتی مورد علاقه در بسیاری از زمینه ها از جمله مدیریت انرژی است. پیشینه تحقیقات موجود با نمونه هایی از کاربرد روش AHP در زمینه های مختلف، از جمله مدیریت محیط زیست و انرژی فراوان است. نمونه‌ها شامل اولویت‌بندی پروژه‌های پتروشیمی، ارزیابی پروژه‌های هسته‌ای، تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری در گرمایش گاز طبیعی، تنظیمات سیستم توزیع برق، تولید انرژی از فناوری‌های هیدروژن، تولید متمرکز برق، تجزیه و تحلیل تولید و عرضه برق، انتخاب سیستم های ساختمان های هوشمند، انتخاب روش تصفیه فاضلاب، اجرای طرح های سبز، آگاهی از بهره وری انرژی، بهبود طرح بهره وری انرژی، تدوین استراتژی های توسعه پایدار، انتخاب روش های بازیافت انرژی اتلاف، پروژه های انرژی، گرمایش آب، انتخاب ساختار بازار انرژی و غیره می باشند[۴۹-۳۲].

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

ساعتی و همکاران فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را به عنوان روشی برای اندازه گیری با مقیاس های نسبی معرفی کردند سپس بدیهیات و برخی از زیربناهای نظری اصلی این نظریه را ارائه دادند و در نهایت، برخی از ایده های مربوط به این فرآیند و پیامدهای آن ها را مورد بحث قرار دادند. برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها و زیرمعیارها، چند روش وجود دارد که معمول ترین آن ها، مقایسهٔ دو دویی است. در این روش، معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه می شوند و درجهٔ اهمیت هر معیار، نسبت به دیگری،مشخص می شود[۵۰،۵۱].

هدف اصلی روش AHP کمک به تصمیم‌گیرندگان می باشد تا بر اساس اطلاعات موجود، بهترین تصمیم ممکن را بگیرند. در این پژوهش روش AHP به عنوان ابزاری برای انتخاب تجهیزات بهینه استفاده شده است. به همین ترتیب، مثال‌های متعدد نشان می‌دهد که روش AHP می‌تواند ابزار مفیدی در هنگام توسعه سیستم‌های مدیریت کیفیت و راه‌اندازی پروژه های بهبود کیفیت باشد. وضعیت مشابه با سایر سیستم های مدیریتی مانند سیستم های مدیریت زیست محیطی و انرژی است. بدیهی است که روش AHP یک ابزار اولویت‌بندی بسیار مفید در حوزه‌های مختلف است.

در این پژوهش با استفاده از این روش، تجهیزات بهینه نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک متصل به شبکه، انتخاب و اولویت بندی می شود. در این روش با توجه به سادگی، انعطاف پذیری و به کارگیری معیارهای کمی و کیفی به طور همزمان و نیز توانایی بررسی سازگاری در قضاوت ها، می توان در بررسی موضوعات مربوط به انتخاب بهینه تجهیزات مورد نظر کاربرد مطلوبی داشته باشد. در این مقاله از روش AHP (فرایند تحلیل سلسله مراتبی) به عنوان ابزار اولویت بندی استفاده شده است.

۲- انتخاب بهینه تجهیزات نیروگاه خورشیدی

در این بخش که بسیار حائز اهمیت و تعیین کننده است به موضوع تعیین تجهیزات بهینه می پردازیم. مطالعات این بخش بر موارد زیر تاثیر مستقیم دارند:

۱- بازدهی نیروگاه
۲- هزینه تمام شده نیروگاه
۳- درآمد نیروگاه

۲-۱- پنل های موجود در بازار و معیار های انتخاب بهترین پنل

با توجه به شرایط اقتصادی فعلی پنل هایی که در بازار ایران موجود می باشد به صورت جدول (۱) در دسترس خواهد بود.

جدول ۱ : پنل های موجود در باز ایران

ردیف	کشور سازنده	کارخانه سازنده	نوع	توان پنل
۱	چین	Longi solar	MONO	۵۳۵
۲	چین	JA SOLAR	MONO	۴۰۵
۳	چین	JA SOLAR	MONO	۴۴۰
۴	چین	AE SOLAR	MONO	۴۵۰
۵	چین	Trina Solar	MONO	۵۰۰
۶	چین	CSUN	POLY	۳۲۵
۷	چین	JA SOLAR	MONO	۳۸۵
۸	چین	JA SOLAR	MONO	۳۹۵
۹	چین	JA SOLAR	MONO	۳۱۵
۱۰	کره	JSPV	POLY	۳۲۰
۱۱	کره	LG	MONO	۳۶۰
۱۲	چین	RENE SOLA	POLY	۳۲۵
۱۳	چین	SUNTECH	POLY	۳۱۵
۱۴	چین	SUNTECH	MONO	۳۸۰

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

۱۵	ایران	TABAN	MONO	۳۹۰
۱۶	چین	CSUN	POLY	۲۷۰
۱۷	چین	Restar solar	POLY	۲۸۰
۱۸	کره جنوبی	shinsung	MONO	۲۷۰
۱۹	کره جنوبی	SHINSUNG	MONO	۳۳۰
۲۰	چین	YINGLI	MONO	۲۰۰
۲۱	چین	TALESUN	POLY	۲۷۰
۲۲	کره جنوبی	SHINSUNG	POLY	۳۱۵
۲۳	ایران	TABAN	POLY	۳۲۰
۲۴	کره جنوبی	shinsung	POLY	۳۲۰
۲۵	آلمان/چین	osda isola	POLY	۳۲۰
۲۶	ایران	TABAN	POLY	۳۲۵
۲۷	چین	Econess	POLY	۳۲۵
۲۸	آلمان/چین	osda isola	MONO	۲۰۰
۲۹	آلمان/چین	osda isola	MONO	۲۶۰

معیارهای بهترین انتخاب پنل های موجود در بازار ایران شامل موارد زیر می باشند :

۱. راندمان پنل
۲. قیمت پنل
۳. تعداد پنل و مساحت آن ها در مقیاس یکسان
۴. تعداد سال گارانتی پنل

جدول (۲) خلاصه ای از معیارهای انتخاب بهترین پنل نیروگاه خورشیدی و همچنین میزان تاثیر گذاری آن ها بر میزان کارکرد نیروگاه ، اقتصادی و فنی را آورده است.

جدول ۲ : معیارهای انتخاب بهترین پنل خورشیدی و اثر آن ها بر نیروگاه

ردیف	عوامل	میزان اهمیت	نوع اثر
۱	راندمان پنل	هر چه راندمان پنل بیشتر باشد انرژی الکتریکی بیشتر تولید می شود.	تاثیر مثبت
۲	قیمت پنل	هر چه قیمت کمتر باشد از لحاظ اقتصادی بهتر است.	تاثیر منفی
۳	تعداد پنل به کار برده شده با توجه به مقیاس یکسان در نیروگاه	هرچه تعداد پنل کمتر باشد از لحاظ مساحت نیروگاه و اقتصادی بهتر است.	تاثیر منفی
۴	تعداد سال گارانتی پنل	هرچه تعداد سال گارانتی بیشتر باشد بهتر است	تاثیر مثبت

۲-۲- اینورتر های موجود در بازار و معیار های انتخاب بهترین اینورتر

با توجه به شرایط اقتصادی فعلی اینورترهایی که در بازار ایران در مقیاس تعیین شده موجود می باشد به صورت جدول (۳) در دسترس خواهد بود.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

جدول ۳ : اینورتر های موجود در باز ایران

ردیف	شرکت	مدل	توان اینورتر
۱	Fronius	Fronius Eco light 25.0-3-S	25KW
۲	Fronius	Fronius Eco full 25.0-3-S	25KW
۳	Growatt	MID 25KTL3-X	25KW
۴	SMA	SUNNY TRIPOWER 25000TL	25KW

معیارهای انتخاب بهترین اینورتر های موجود در بازار ایران شامل موارد زیر می باشند :

۱. راندمان اینورتر
۲. قیمت اینورتر
۳. تعداد MPPT اینورتر
۴. تعداد سال گارانتی اینورتر

۳-۲- وزن دهی به معیارها

هدف از وزن دهی آن است که بتوان اهمیت هر معیار را نسبت به معیارهای دیگر بیان کرد. در این تحقیق وزن معیارها همانند پژوهش های گذشته (بر اساس اهمیت معیارها ی اصلی نسبت به هم و مقایسه زوجی یا دوتایی آن ها نسبت به هم) وزن دهی می گردند. وزن ها معمولا استاندارد می شوند این عمل به صورتی انجام می شود که مجموع آن ها برابر با یک می شوند. جدول (۴) خلاصه ای از معیارهای انتخاب بهترین اینورترهای نیروگاه خورشیدی و همچنین میزان تاثیر گذاری آن ها بر میزان کارکرد نیروگاه ، اقتصادی و فنی را آورده است.

جدول ۴ : معیارهای انتخاب بهترین اینورترهای خورشیدی و اثر آن ها بر نیروگاه

ردیف	عوامل	میزان اهمیت	نوع اثر
۱	راندمان اینورتر	هر چه راندمان اینورتر بیشتر باشد بهتر است.	تاثیر مثبت
۲	قیمت اینورتر	هر چه قیمت کمتر باشد از لحاظ اقتصادی بهتر است.	تاثیر منفی
۳	تعداد MPPT اینورتر	هرچه تعداد MPPT بیشتر باشد بهتر است.	تاثیر مثبت
۴	تعداد سال گارانتی اینورتر	هرچه تعداد سال گارانتی بیشتر باشد بهتر است.	تاثیر مثبت

۳- مواد و روش کار

جهت انتخاب و تعیین تجهیزات بهینه (پانل و اینورتر) از مجموعه ای از معیارهای مؤثر بر انتخاب بهینه تجهیزات نیروگاه خورشیدی که در جدول (۲) و (۴) نشان داده شده است استفاده می شود. روش AHP در نرم افزار Expert choice انجام می شود. در نرم افزار Expert choice، هدف به عنوان اصلی ترین شاخهٔ تحلیل سلسله مراتبی است و معیارها به عنوان زیرشاخهٔ هدف هستند. در قدم بعد، معیارهای اصلی مؤثر بر هدف به صورت زیرشاخهٔ هدف در نمودار درختی (نرم افزار مشخص می کند) باید پر شود. می توان برای هر معیار، چند زیرمعیار مشخص کرد. تمامی زیرمعیارها مانند معیارهای لایهٔ اصلی از دو قسمت نام اختصاری و توضیح تشکیل شده اند. پس از تعریف گزینه ها، نوبت به وزن دهی بین معیارها، زیرمعیارها و گزینه ها می شود. این کار را به چند صورت مقایسهٔ زوجی عددی، گرافیکی و محاوره ای و مقایسهٔ کلی می توان در نرم افزار عملی کرد[۵۲]. در این پژوهش، از روش مقایسهٔ زوجی عددی استفاده شده است. در حین مقایسهٔ زوجی برای هر مجموعه، تجزیه و تحلیل سازگاری به وسیلهٔ نرم افزار صورت می پذیرد. این معیار، همان گونه که قبلاً گفته شد، باید از ۰/۱ کمتر باشد[۵۳].

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

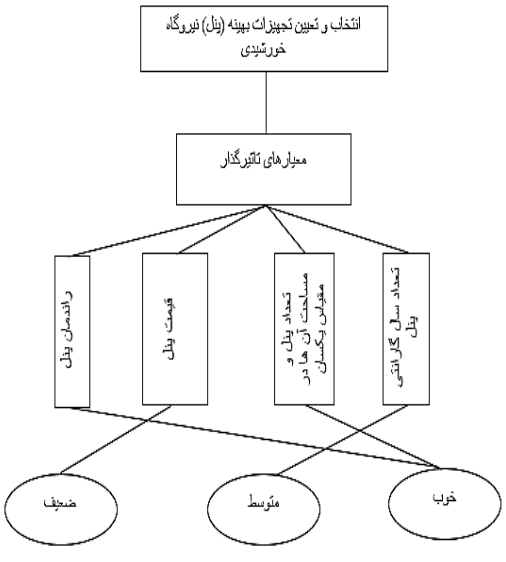
[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

۳-۱- روش پردازش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

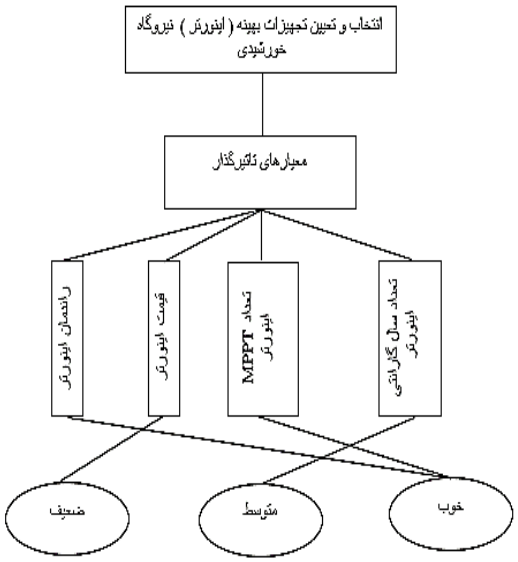
در فرایند انتخاب بهینه تجهیزات پس از تبیین اهداف کلی، بیان مقاصد، اهداف عملیاتی و تهیه گزینه های مختلف برای رسیدن به تجهیزات بهینه، ارزیابی صورت می گیرد تا بر اساس شایستگی هر یک از گزینه ها گزینه مطلوب، یا بهتر انتخاب شود[۵۴]. برای سنجش شایستگی نسبی هر یک از گزینه ها، معمولاً از معیارها استفاده می شود. انتخاب تجهیزات بهینه برای احداث نیروگاه خورشیدی روال کار مدل AHP با مشخص کردن عناصر و تصمیم گیری و اولویت دادن به آنها آغاز می شود این عناصر شامل شیوه های مختلف انجام کار و اولویت دادن به سنجه ها، یا ویژگی ها است[۵۵].

۳-۲- ساختن سلسله مراتبی

در اولین اقدام، ساختار سلسله مراتبی مربوط به این موضوع مشخص که در آن سلسله مراتب چهار سطحی شامل هدف ها، معیارها، زیرمعیارها و گزینه ها (مکان ها) مواجه هستیم[۵۶،۵۷]. تبدیل موضوع، یا مسئله مورد بررسی به ساختاری سلسله مراتبی، مهم ترین قسمت فرایند تحلیل سلسله مراتبی مهم ترین قسمت فرایند تحلیل سلسله مراتبی محسوب می شود[۵۸]. زیرا در این قسمت با تجزیه مسائل مشکل و پیچیده، فرایند تحلیل سلسله مراتبی آنها را به شکلی ساده، که با ذهن انسان مطابقت داشته باشد، تبدیل می کند. به عبارت دیگر، فرایند تحلیل سلسله مراتبی مسائل پیچیده را از طریق تجزیه آن به عناصر جزئی که به صورت سلسله مراتبی به هم مرتبط بوده و ارتباط هدف اصلی مسئله با پایین ترین سطح سلسله مراتبی را به شکل ساده تری در می آورد [۵۹،۶۰]. در مسئله انتخاب تجهیزات بهینه نیروگاه خورشیدی، هدف تعیین تجهیزات مناسب برای احداث نیروگاه خورشیدی از بین تجهیزات موجود در بازار (اینورتر ها و پنل ها) است. معیارها و زیرمعیارها، شامل عواملی هستند که باعث ایجاد تفاوت در گزینه ها، (مانند عوامل مؤثر راندمان، گارانتی، قیمت و ...) می شوند. گزینه ها نیز تجهیزات موجود در بازار هستند (شکل ۱و ۲). اعتبار هر گزینه بر حسب معیارها سنجیده می شود[۵۶]. توجه به این که در عمل، تمامی معیارها دارای اهمیت یکسانی نیستند، در روش AHP نیز هر معیار دارای وزن خاصی است که باید توسط کاربر، به روش های مختلف اعمال شود. همچنین، می توان هر معیار را به چند جزء کوچکتر (زیرمعیارها) تقسیم کرده و آنها را با یکدیگر مقایسه و وزن دهی کرد[۶۱].



شکل ۱ : نمودار مراحل ساخت سلسله مراتب انتخاب تجهیزات بهینه (پنل) نیروگاه خورشیدی



شکل ۲ : نمودار مراحل ساخت سلسله مراتب انتخاب تجهیزات بهینه (اینورتر) نیروگاه خورشیدی

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

۳-۳- تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها

برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها و زیرمعیارها، چند روش وجود دارد که معمول ترین آنها، مقایسهٔ زوجی یا دو دویی است. در این روش، معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه می شوند و درجهٔ اهمیت هر معیار، نسبت به دیگری،مشخص می شود. برای این کار، می توان از یک روش استاندارد (ارائه شده توسط ساعتی) استفاده کرد[۵۰،۵۱]. روش کار به این ترتیب است که، به هر مقایسهٔ دو دویی، یک عدد ۱ تا ۹ نسبت داده می شود. معنی هر عدد در جدول (۵)، مشخص شده است. پس از وزن دهی، باید وزن ها را نرمالیزه کرد. به منظور نرمالیزه کردن، می توان از روش های مختلفی استفاده کرد؛ در این مدل، از تقسیم هر وزن، بر مجموع وزن های همان ستون استفاده شده است[۵۸]. ماتریس مقایسه a_{ij} که نشان دهنده مقیاس نسبت به امتیاز از کارشناسان فنی i و j است و می تواند یک ماتریس مقایسه $A=(a_{ij})_{n\times n}$ را تشکیل دهد، n تعداد معیارها است که یک رابطه ریاضی هم وجود خواهد داشت : $a_{ii}=1$ ؛ $a_{ij}=1/a_{ji}$. بدین صورت در ماتریس، هر عنصر a_{ij} (نسبت عناصر اصلی و آرایه، $a_{ij}=1/a_{ij}$) به معنای اهمیت نسبی بین دو معیار می باشد.

جدول ۵ : مقایسهٔ ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسهٔ دو دویی معیارها [۲،۲۶].

مقدار عددی	برتریها	
۱	برتری یکسان	**Equally preference**
۳	کمی برتر	**Moderately preference**
۵	برتری بیشتر	**Strongly preference**
۷	برتری خیلی بیشتر	**Very Strongly preference**
۹	کاملا برتر	**Extremely preference**
۲،۴،۶،۸	برتری های بین فواصل فوق	----

۴-۳- تعیین ضریب اهمیت گزینه ها

بعد از تعیین ضرایب اهمیت معیارها و زیرمعیارها، ضریب اهمیت گزینه ها را باید تعیین کرد. در این مرحله، ارجحیت هر یک از گزینه ها در ارتباط با هر یک از زیرمعیارها و اگر معیاری زیرمعیار نداشته باشد مستقیماً با خود آن معیار، مورد قضاوت و داوری قرار می گیرد. فرایند به دست آوردن وزن (ضریب اهمیت) گزینه ها نسبت به هر یک از معیارها شبیه تعیین ضریب اهمیت معیارها نسبت به هدف است. در هر دو حالت، قضاوت ها بر مبنای مقایسه دو دویی معیارها، یا گزینه ها و بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی صورت می پذیرد و نتیجه در ماتریس مقایسه دو دویی معیارها، یا گزینه ها ثبت می شود و از طریق نرمالیزه کردن ردیف های این ماتریس ها، ضرایب اهمیت مورد نظر به دست می آید. با این حال، باید به تفاوتی عمده در این مقایسه ها اشاره شود[۵۶]. مقایسه گزینه های مختلف، نسبت به زیرمعیارها، و یا معیارها (اگر معیاری زیرمعیار نداشته باشد) صورت می پذیرد؛ در صورتی که مقایسه معیارها با یکدیگر، نسبت به هدف مطالعه صورت می پذیرفت. بنابراین، به جای این که سؤال شود معیار i، در دستیابی به هدف، چه قدر از معیار j مهمتر است؟ در مقایسه گزینه ها سؤال به این ترتیب مطرح می شود که گزینه i در ارتباط با زیرمعیار x چه قدر بر گزینهٔ j ارجحیت دارد؟[۶۲]. زیرمعیارها هم کمی اند و هم کیفی، این مطلب نشان دهنده مزیت دیگر فرایند تحلیل سلسله مراتبی است که با ترکیبی از معیارهای کمی و کیفی سروکار دارد[۵۷،۵۹]. بردارهای ویژه مربوط به حداکثر مقدار ویژه ماتریس قضاوت ساخته شده را می توان محاسبه کرد. مقدار وزن را می توان پس از نرمال

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

شدن یدست آورد. با محاسبه مقدار وزن اهمیت نسبی همه عناصر موجود در لایه، استراتژی بهینه برای مرتب سازی با توجه به وزن نهایی یافت می شود. محاسبه مقدار متوسط عنصر ردیف ماتریس A :

$$\overline{W_i} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^{n} a_{ij}} \qquad (i = 1,2,\dots.,n); \qquad (۱)$$

یا

$$\overline{W_i} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \qquad (i = 1,2,\dots.,n); \qquad (۲)$$

نرمالیزه کردن بردار $\overline{W} = (\overline{W_1}, \overline{W_2}, \dots., \overline{W_n})^T$:

$$W_i = \frac{\overline{W_i}}{\sum_{j=1}^{n} \overline{W_j}} \qquad (i = 1,2,\dots.,n) \qquad (۳)$$

۳-۵- تعیین امتیاز نهایی (اولویت) گزینه ها

در این مرحله از تلفیق ضرایب اهمیت مزبور "امتیاز نهایی" هر یک از گزینه ها تعیین خواهد شد. برای این کار از "اصل ترکیب سلسله مراتبی" ساعتی که منجر به "بردار اولویت" با در نظر گرفتن همه قضاوت ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی استفاده می شود[۶۲،۶۳].

امتیاز نهایی (اولویت) گزینه (۴)

$$\sum_{k=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} W_k\, W_i\ (g_{ij}) = j$$

که در آن:

W_k ضریب اهمیت معیار k W_i ضریب اهمیت معیار i g_{ij} امتیاز گزینه j در ارتباط با زیر معیار i

۳-۶- بررسی سازگاری در قضاوت

یکی از مزیت های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، امکان برای سازگاری در قضاوت های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارهاست. سازوکارهایی که ساعتی برای بررسی سازگاری در قضاوت ها در نظر گرفته است، محاسبهٔ ضریبی به نام ضریب ناسازگاری (RI) است. تجزیه و تحلیل سازگاری صورت می پذیرد. این معیار، همان گونه که قبلاً گفته شد، باید از ۰/۱ کمتر باشد. استفاده از این ضریب به تجزیه و تحلیل تصمیم قبل از انتخاب نهایی مکان کمک می کند[۵۴]. در صورتی که معیار سازگاری از ۰/۱ بیشتر شود، نرم افزار، کاربر را با اخطار ناسازگاری، با خبر می سازد[۵۵]. مقادیر محاسبه شدهٔ معیار ناسازگاری، در جدول (۶) در زیر ذکر شده است.

جدول ۶ : شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی (RI)

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
I.I.R	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۵/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۵

بعد از تشکیل تمام ماتریس ها و انجام مقایسات زوجی، بردارهای ویژه یا وزن های نسبی (درجه اهمیت نسبی عناصر)، وزن های نهایی و حداکثر مقدار ویژه (λmax) برای هر ماتریس با استفاده از نرم افزار Expert Choice محاسبه می گردد. حداکثر مقدار ویژه ماتریس و شاخص ناسازگاری به ترتیب بصورت زیر تعریف می گردد:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{(AW)_i}{W_i} \qquad (۵)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \qquad (۶)$$

در این رابطه λmax بزرگ ترین مقدار ویژه ماتریس، n طول ماتریس و CI شاخص ناسازگاری است. برای هر ماتریس حاصل تقسیم شاخص ناسازگاری (CI) بر ماتریس تصادفی (RI) هم بعد آن، معیار مناسبی برای قضاوت در مورد ناسازگاری است که به این معیار نرخ ناسازگاری (CR) گفته می شود، که به صورت زیر می باشد:

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (۷)$$

چنانچه این عدد کوچکتر و یا مساوی ۰/۱ باشد سازگاری سیستم قابل قبول است در غیر این صورت باید در قضاوت ها تجدید نظر شود. جدول ۳ شاخص ناسازگاری ماتریس های تصادفی را نشان می دهد. در این تحقیق ماتریس سازگار نبوده و در محاسبه وزن از روش حداقل مربعات استفاده گردید.

۴- یافته های تحقیق

۴-۱- نتایج انتخاب بهترین پنل

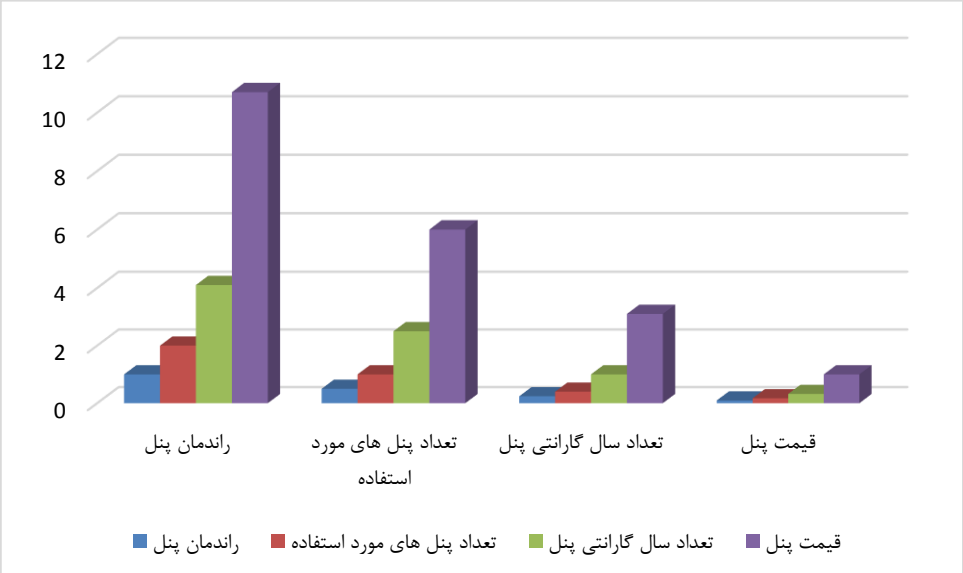
ابتدا، وزن بین معیارها، تعیین می شوند. این وزن ها، با توجه به اهمیت معیارها در مقابل یکدیگر، نسبت به هدف (انتخاب تجهیزات بهینه نیروگاه خورشیدی) تعیین می شوند. ابتدا معیارهای لایهٔ اصلی با یکدیگر مقایسه می شوند (نتایج آن در جدول (۷) نشان داده شده است). در تمامی جداول، اعداد نمایش داده شده، ردیف افقی بر اساس اهمیت معیار و ردیف عمودی نسبت به معیار می باشند. مقدار هر عدد نیز با توجه به مقادیر جدول (۲) و بر اساس معیار ساعتی تعیین شده است.

جدول ۷ : مقایسهٔ زوجی معیارها ی اصلی انتخاب تجهیزات بهینه (پنل) نیروگاه خورشیدی

	راندمان	تعداد پنل های مورد استفاده	تعداد سال گارانتی	قیمت پنل
راندمان پنل		۲	۴/۱	۱۰/۷
تعداد پنل های مورد استفاده			۲/۵	۶
تعداد سال گارانتی پنل				۳/۱
قیمت پنل				

(نرخ ناسازگاری ۰/۰۰)

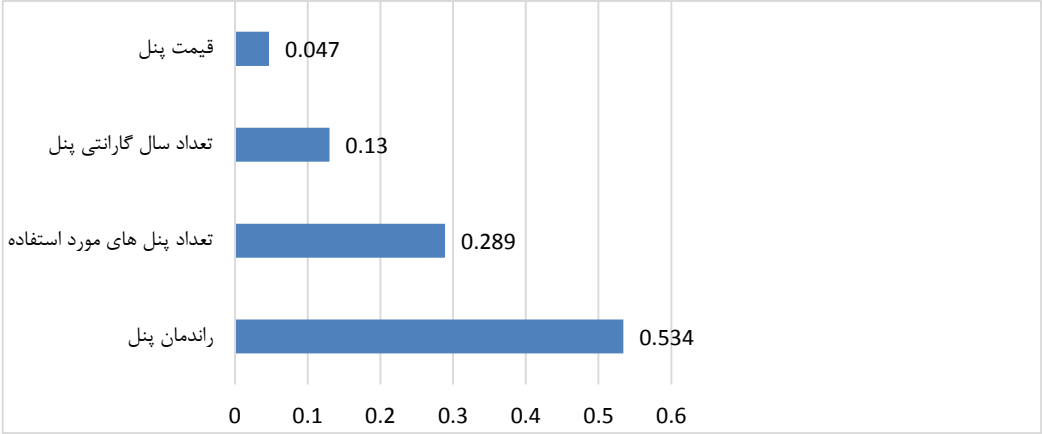
نمودار زیر (شکل ۳) مقایسه های زوجی معیارهای اصلی ارائه شده در جدول ۷ را نشان می دهد.



شکل ۳ : مقایسهٔ زوجی معیارها ی اصلی انتخاب تجهیزات بهینه (پنل) نیروگاه خورشیدی

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]



شکل ۴ : اولویت بندی معیارهای اصلی نسبت به هم (خروجی نرم افزار: Expert Choice)

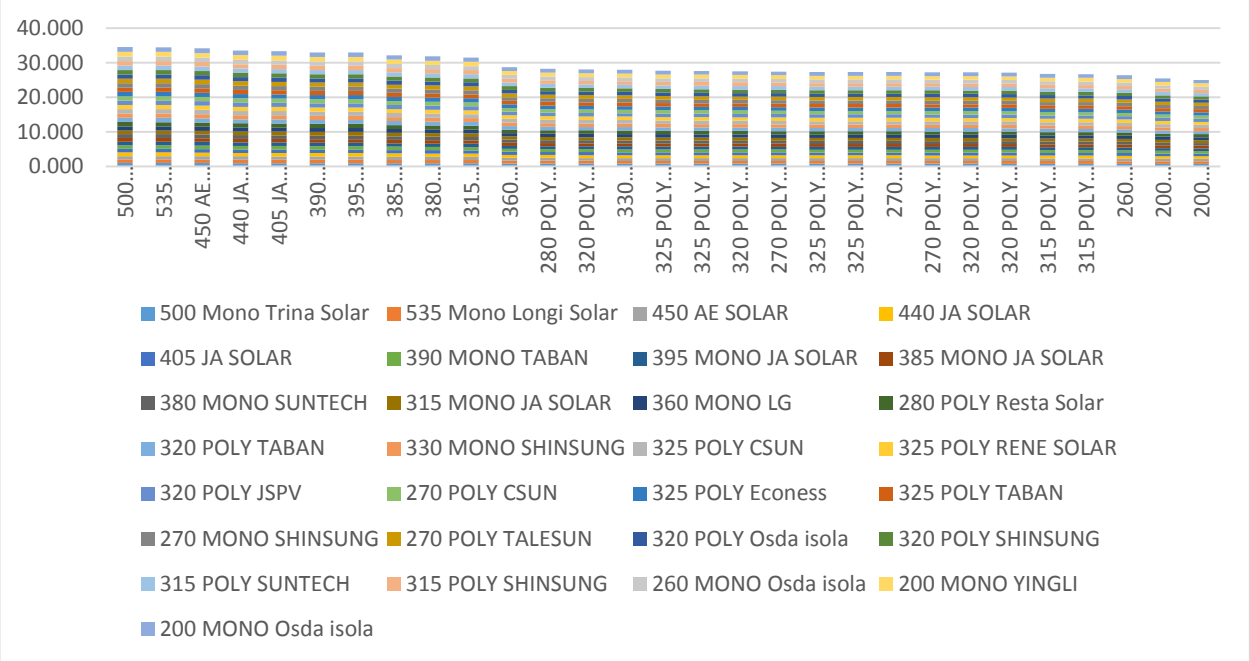
پس از مقایسهٔ معیارهای لایهٔ اصلی، نوبت به زیرمعیارها می رسد. در این مرحله، برای هر معیار، زیرمعیارهای آن با یکدیگر مقایسه می شوند. پس از مقایسهٔ زوجی بین معیارها، بین پنل های موجود در بازار، برای هر زیرلایه نیز، مقایسه صورت می پذیرد. زیرمعیارهای هر لایه، به طور جداگانه مورد بررسی قرار می گیرند. در نتیجه برای معیارهای راندمان، تعداد سال گارانتی، تعداد پنل مورد استفاده در نیروگاه و قیمت هر کدام یک مقایسه برای زیرمعیار انجام می پذیرد. در اینجا به علت تعدد مقایسه ها (۳۱ مقایسه) از آوردن همه آنها، صرف نظر شده است و به عنوان مثال، مقایسه زوجی زیرمعیارهای راندمان (جدول ۸) و قیمت پنل (جدول ۹) نشان داده شده است.

جدول ۸ : مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای، معیار راندمان پنل در انتخاب تجهیزات بهینه نیروگاه خورشیدی

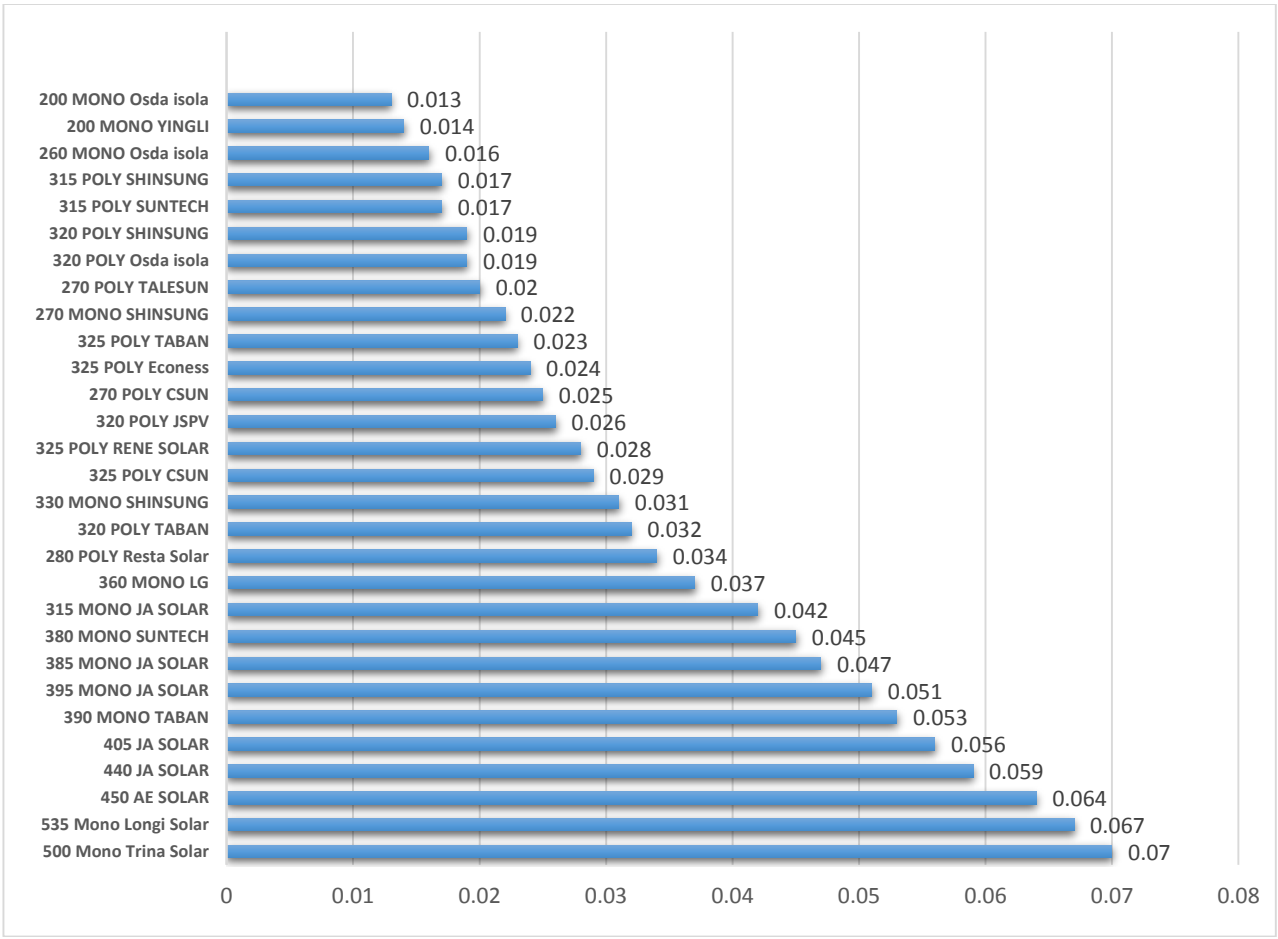
ردیف		500 Mono Trina Solar	535 Mono Longi Solar	.....	200 MONO YINGLI	200 MONO Osda isola
۱	500 Mono Trina Solar	۱	۱		۱/۳۵۴	۱/۳۷۷
۲	535 Mono Longi Solar	۱	۱		۱/۳۷۷	۱/۳۵۴
۳۰	200 MONO YINGLI	۰/۷۳۸	۰/۷۳۹		۱	۰/۹۱۵
۳۱	200 MONO Osda isola	۰/۷۲۶	۰/۷۲۶		۰/۹۸۳	۱

نمودار زیر (شکل ۵) مقایسه های زوجی زیر معیارهای راندمان پنل های ارائه شده در جدول ۸ را نشان می دهد.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]



شکل ۵ : مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای، معیار راندمان پنل ها در انتخاب تجهیزات بهینه نیروگاه خورشیدی



شکل ۶ : اولویت بندی معیار راندمان پنل ها نسبت به هم (خروجی نرم افزار: Expert Choice)

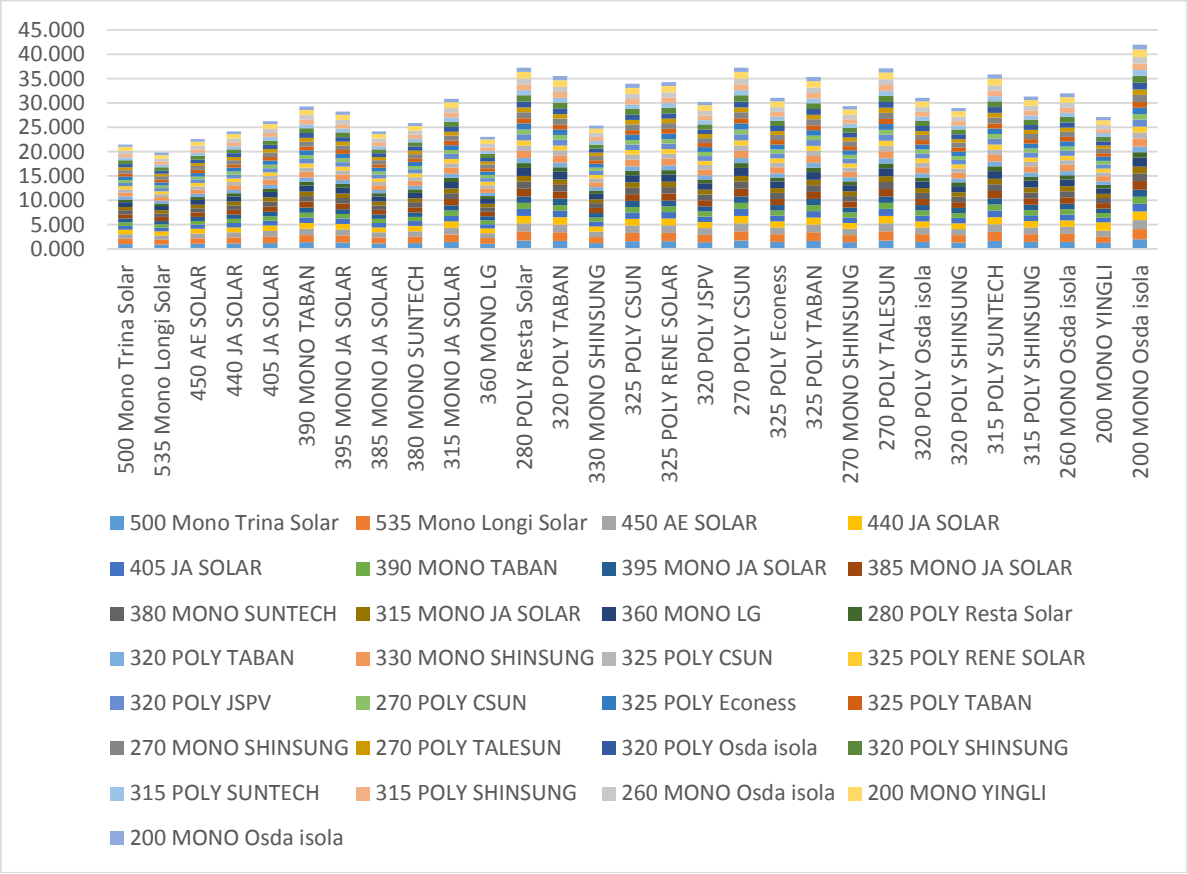
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

جدول ۹ : مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای، معیار قیمت پنل ها در انتخاب تجهیزات بهینه نیروگاه خورشیدی

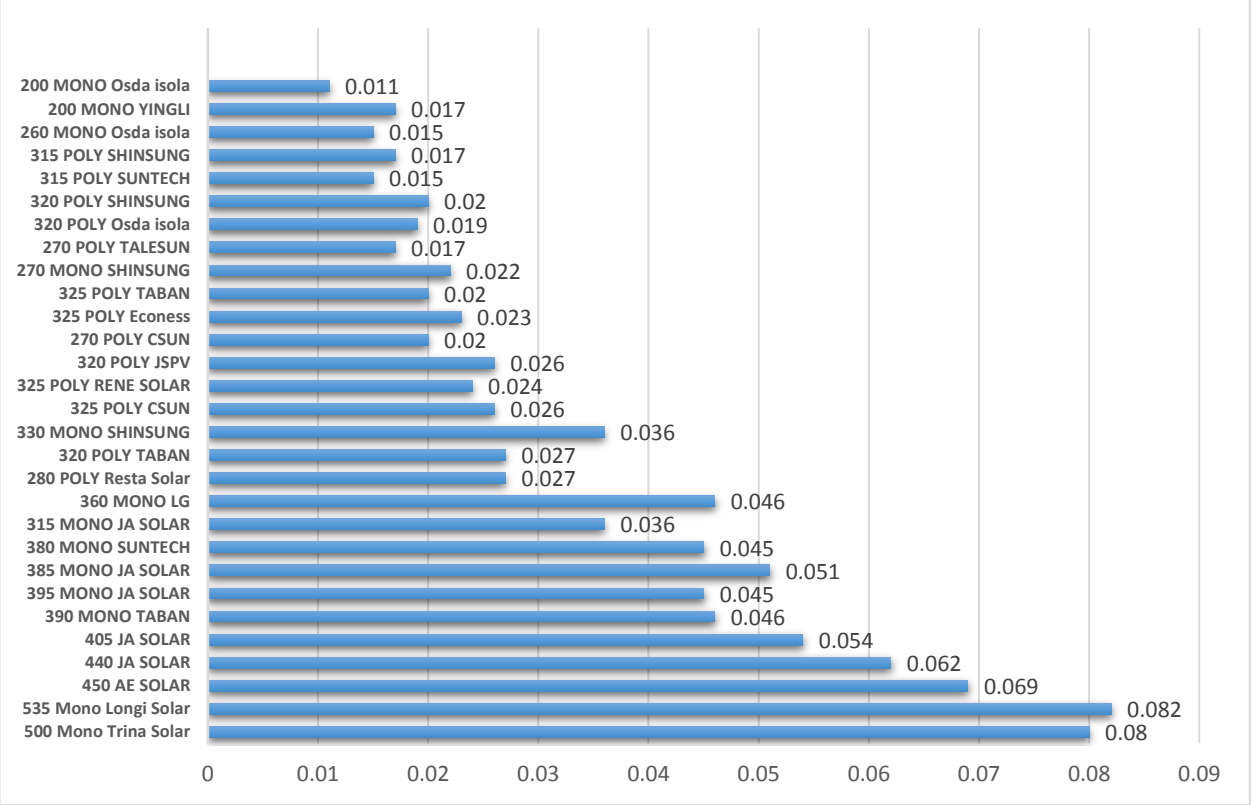
ردیف		500 Mono Trina Solar	535 Mono Longi Solar	200 MONO YINGLI	200 MONO Osda isola
۱	500 Mono Trina Solar	۱	۰/۹۲۱	۱/۲۳۱	۱/۹۵۵
۲	535 Mono Longi Solar	۱/۰۸۶	۱	۱/۳۷۷	۲/۱۲۳
۳۰	200 MONO YINGLI	۰/۸۱۲	۰/۷۴۸	۱	۱/۵۸۸
۳۱	200 MONO Osda isola	۰/۵۱۲	۰/۴۷۱	۰/۶۳۰	۱

نمودار زیر (شکل ۷) مقایسه های زوجی زیر معیارهای قیمت پنل های ارائه شده در جدول ۹ را نشان می دهد.



شکل ۷ : مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای، معیار قیمت پنل ها در انتخاب تجهیزات بهینه نیروگاه خورشیدی

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]



شکل ۸ : اولویت بندی معیار قیمت پنل ها نسبت به هم (خروجی نرم افزار: Expert Choice)

همانطور که گفته شد جدول ۲، بیان گر اثر معیار های اصلی انتخاب پنل و میزان اهمیت آن بر نیروگاه خورشیدی می باشد. با توجه به معیار اصلی قیمت پنل، هر چه قیمت پنل کمتر باشد از لحاظ اقتصادی بهتر است. و هر چه قیمت بالا باشد از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست و این تاثیر منفی خواهد داشت. برای سایر معیار ها هم طبق جدول ۲ پیش خواهیم رفت. بر اساس جدول ۵، مقایسهٔ ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسهٔ دو دویی معیارها [۲،۲۶]، امتیاز هر معیار اصلی نسبت به سایر معیارهای اصلی دیگر دو به دو انجام خواهد گرفت، اهمیت بندی معیار های اصلی و امتیاز دادن به آن ها با پرسش و نظر سنجی از کارشناسان مربوطه در زمینه پروژه های احداث نیروگاه خورشیدی و شرکت برق استان انجام شد. این کار در محیط نرم افزار Expert Choice انجام گردید و پس از امتیاز بندی معیارهای اصلی در محیط نرم افزار، مقایسه ی زوجی معیارهای اصلی را نمایان خواهد کرد که نتایج آن در جدول ۷ قابل مشاهده می باشد. پس از مقایسهٔ معیارهای اصلی با توجه به اهمیت آن ها، نوبت به زیرمعیارها می رسد. در این مرحله زیرمعیارها هم دو به دو با هم دیگر مقایسه می گردند.

پس از پایان مقایسات زوجی، توسط نرم افزار Expert Choice، نتایج عددی آن ها در جداول ۸، ۹و ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۱۰ : ضرایب اولویت بندی پنل ها جهت انتخاب بهینه تجهیزات نیروگاه خورشیدی

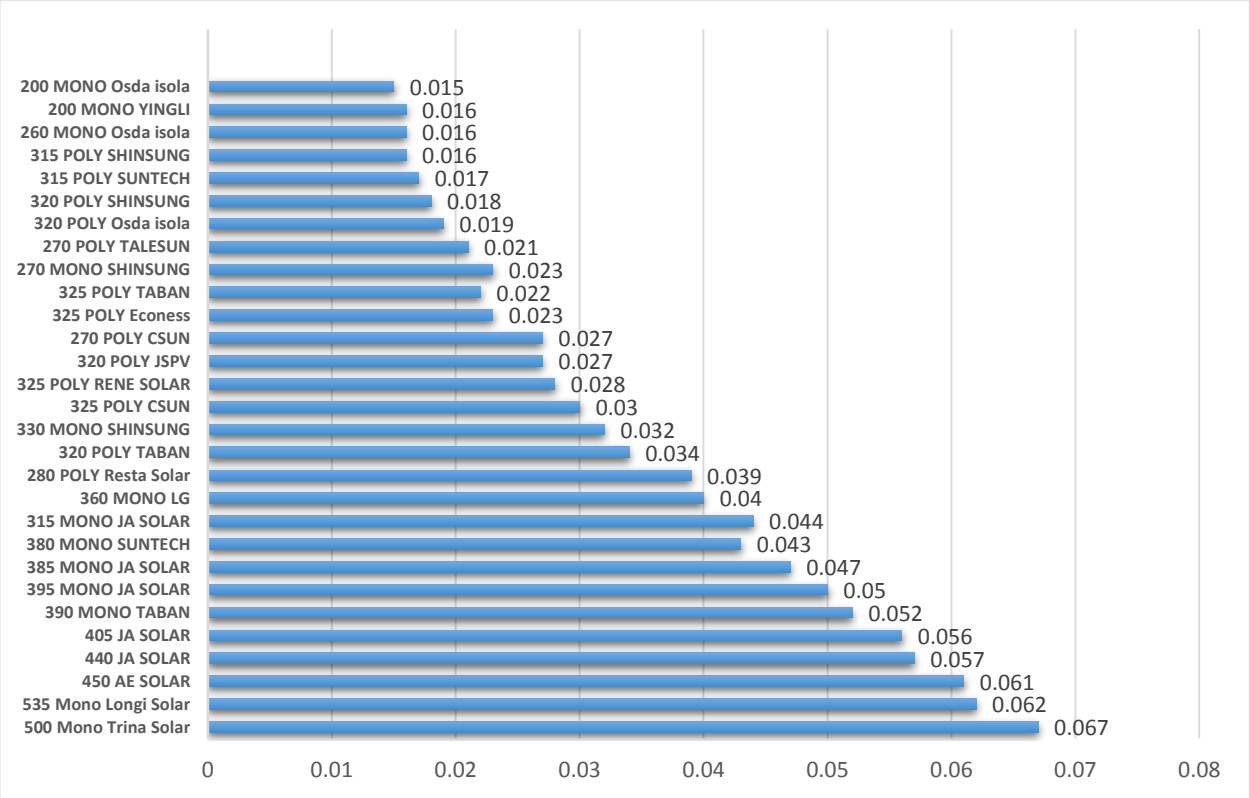
رتبه بندی	پنل ها	وزن نهایی
۱	500 Mono Trina Solar	۰/۰۶۷
۲	535 Mono Longi Solar	۰/۰۶۲
۳	450 AE SOLAR	۰/۰۶۱
۴	440 JA SOLAR	۰/۰۵۷
۵	405 JA SOLAR	۰/۰۵۹
۶	390 MONO TABAN	۰/۰۵۲

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

۷	395 MONO JA SOLAR	۰/۰۵۰
۸	385 MONO JA SOLAR	۰/۰۴۷
۹	380 MONO SUNTECH	۰/۰۴۳
۱۰	315 MONO JA SOLAR	۰/۰۴۴
۱۱	360 MONO LG	۰/۰۴۰
۱۲	280 POLY Resta Solar	۰/۰۳۹
۱۳	320 POLY TABAN	۰/۰۳۴
۱۴	330 MONO SHINSUNG	۰/۰۳۲
۱۵	325 POLY CSUN	۰/۰۳۰
۱۶	325 POLY RENE SOLAR	۰/۰۲۸
۱۷	320 POLY JSPV	۰/۰۲۷
۱۸	270 POLY CSUN	۰/۰۲۷
۱۹	325 POLY Econess	۰/۰۲۳
۲۰	325 POLY TABAN	۰/۰۲۲
۲۱	270 MONO SHINSUNG	۰/۰۲۳
۲۲	270 POLY TALESUN	۰/۰۲۱
۲۳	320 POLY Osda isola	۰/۰۱۹
۲۴	320 POLY SHINSUNG	۰/۰۱۸
۲۵	315 POLY SUNTECH	۰/۰۱۷
۲۶	315 POLY SHINSUNG	۰/۰۱۶
۲۷	260 MONO Osda isola	۰/۰۱۶
۲۸	200 MONO YINGLI	۰/۰۱۶
۲۹	200 MONO Osda isola	۰/۰۱۵

نتایج نهایی اولویت‌ها، در شکل (۹) به صورت نمودار نیز قابل رویت است.



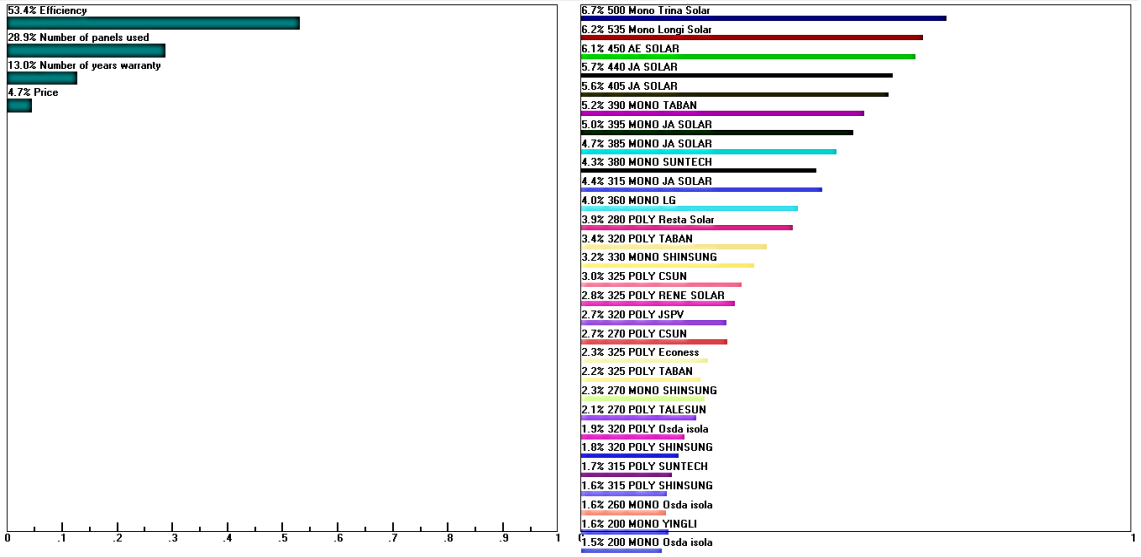
شکل ۹ : اولویت‌بندی پنل ها برای انتخاب تجهیزات بهینه نیروگاه خورشیدی(خروجی نرم افزار: Expert Choice)

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

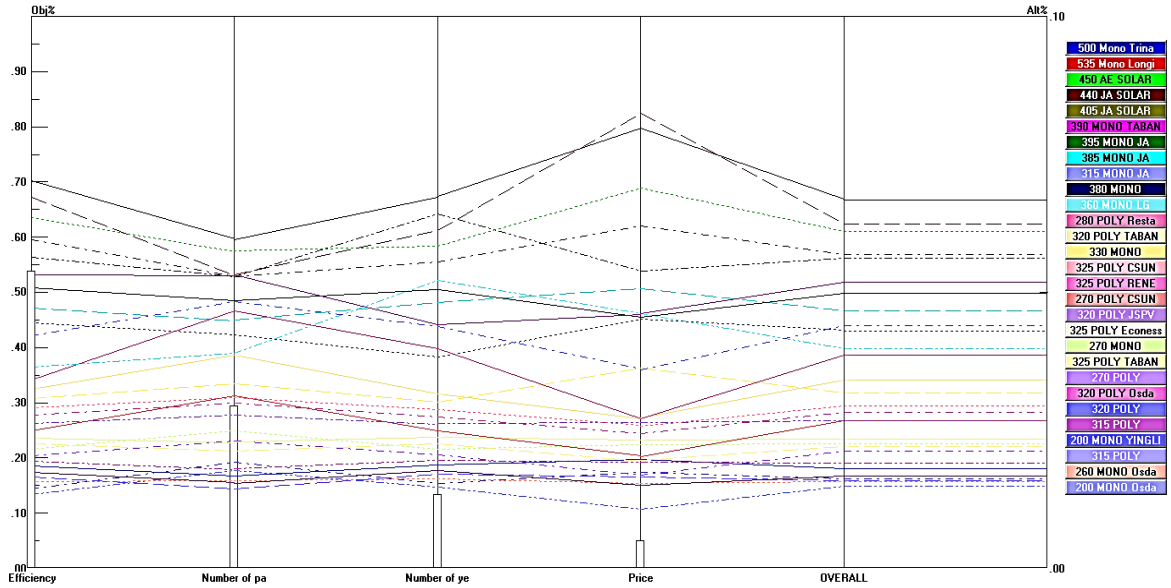
بر اساس این مقایسه از بین پنل های موجود، پنل 500 W MONO Trina solar به عنوان مناسب‌ترین پنل انتخاب شد.

۴-۱-۱- آنالیز تحلیل حساسیت:

یکی از عواملی که بیشترین تاثیر را در رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره دارد، امتیاز دهی است. با توجه به عدم قطعیت در مراحل امتیازدهی آنالیز تحلیل حساسیت بر روی گزینه‌ها ضروری است. در تحلیل حساسیت با تغییر وزن یکی از معیارها، نرم افزار بطور خودکار وزن سایر معیارها را متناسب با آن تغییر می‌دهد و می‌توان اثر تغییرات را در رتبه‌بندی نهایی گزینه مشاهده نمود.



(الف)



(ب)

شکل ۱۰ (الف) و (ب): تحلیل حساسیت دینامیکی معیارها و زیر معیارها نسبت به هم

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

نمودار حساسیت دینامیک شکل ۱۰ (الف) نشان می دهد که چگونه گزینه ها نسبت به گزینه های دیگر با توجه به معیار ها و همچنین حالت کلی اهمیت بندی شده اند. همچنین نمودار حساسیت کارایی شکل ۱۰ (ب)، ارجحیت گزینه ها را همزمان نسبت به یک معیار نشان می دهد. نتایج نشان می دهد که با تغییر وزن هر کدام از معیارها با توجه به نمودار آنالیز حساسیت، می توان تغییر در میزان اهمیت و ارجحیت هر معیار را حس کرد و در نتیجه تاثیرات مستقیمی بر روی انتخاب مکان بهینه را داشته باشد.

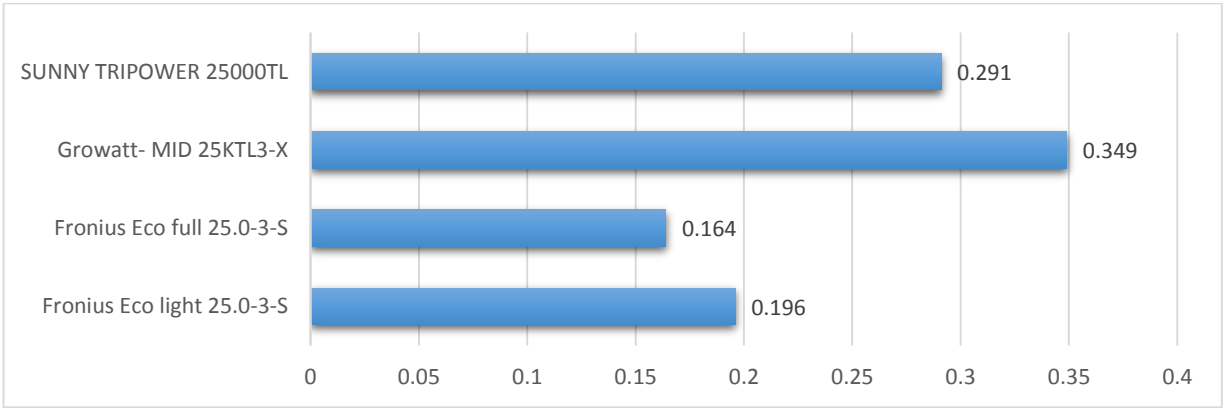
۲-۴- نتایج انتخاب بهترین اینورتر

همجنین برای انتخاب بهترین اینورتر از میان سایر اینورترها توسط مدل AHP همین روال را ادامه خواهیم داد. پس از پایان مقایسات زوجی، توسط نرم افزار Expert Choice، نتایج زیر را در جدول (۱۱) به همراه دارد.

جدول ۱۱ : ضرایب اولویت بندی اینورتر ها جهت انتخاب بهترین اینورتر نیروگاه خورشیدی

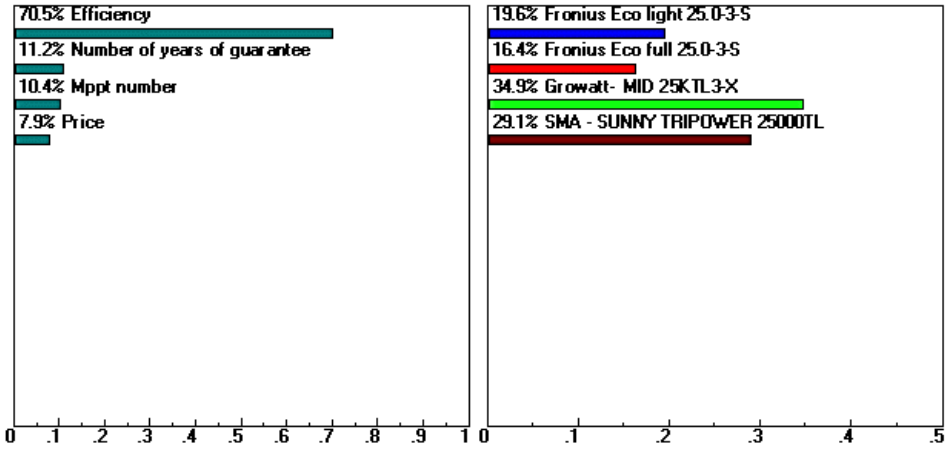
رتبه بندی	اینورتر ها	وزن نهایی
۱	Growatt- MID 25KTL3-X	۰/۳۴۹
۲	SMA - SUNNY TRIPOWER 25000TL	۰/۲۹۱
۳	Fronius Eco light 25.0-3-S	۰/۱۹۶
۴	Fronius Eco full 25.0-3-S	۰/۱۶۴

نتایج نهایی اولویت‌ها، در شکل (۱۱) به صورت نمودار نیز قابل رویت است.

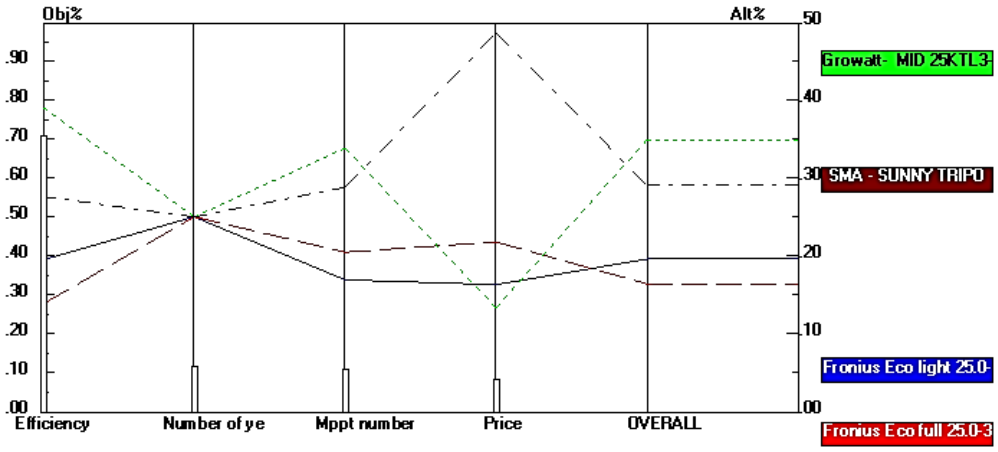


شکل ۱۱ : اولویت‌بندی اینورتر ها برای انتخاب بهترین اینورتر نیروگاه خورشیدی(خروجی نرم افزار: Expert Choice)

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]



(الف)



(ب)

شکل ۱۲ (الف) و (ب): تحلیل حساسیت دینامیکی معیارها و زیر معیارها نسبت به هم

بر اساس این مقایسه از بین اینورتر های موجود، اینورتر با مشخصه 25kw نوع Growatt MID KTL3-X به عنوان مناسب‌ترین اینورتر انتخاب شد.

۵- بحث و نتیجه گیری

انتخاب تجهیزات بهینه نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک متصل به شبکه یکی از مهم ترین انتخاب ها است چراکه انتخاب مناسب این تجهیزات منجر به تولید انرژی خروجی بیشتر نیروگاه، مقرون به صرفه بودن از لحاظ اقتصادی و همچنین ایجاد راندمان بالا نیروگاه خورشیدی می باشد. این انتخاب بهینه تجهیزات نیاز به تصمیم گیری چند معیاره دارد، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از گسترده ترین ابزارهای تصمیم گیری چندمعیاره می باشد.

بدین منظور در این پژوهش به انتخاب بهینه تجهیزات با استفاده از مدل AHP توسط نرم افزار Expert choice پرداخته شد.

بعد از انتخاب گزینه های مناسب جهت انتخاب تجهیزات بهینه نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک متصل به شبکه، با استفاده از مدل AHP و بر اساس معیارهای مورد نظر، تجهیزات موجود در بازار ایران از نظر توانایی و راندمان، قیمت، تعداد سال گارانتی و سایر موارد اولویت‌بندی شدند. اولویت بندی وزن معیارهای اصلی انتخاب بهینه پنل نسبت به هم شامل راندمان پنل، تعداد

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

پنل های مورد استفاده، تعداد سال گارانتی و قیمت پنل به ترتیب ۰/۵۳۴، ۰/۲۸۹، ۰/۱۳ و ۰/۰۴۷ می باشند. همچنین اولویت بندی وزن معیارهای اصلی انتخاب بهینه اینورتر نسبت به هم شامل راندمان اینورتر، قیمت اینورتر، تعداد MPPT اینورتر و تعداد سال گارانتی اینورتر به ترتیب ۰/۷۰۵، ۰/۱۱۲، ۰/۱۰۴ و ۰/۰۷۹ می باشند. که در نهایت با در نظر گرفتن مجموعه معیارها و وزن دهی آن ها از میان پنل های موجود، پنل 500 w Mono Trina solar با امتیاز ۰/۰۶۷ رتبه اول و به عنوان بهترین پنل، پنل 200 MONO Osda isola با امتیاز ۰/۰۱۵رتبه آخر، از میان اینورتر های موجود، اینورتر 25kw Growatt MID KTL3-X با امتیاز ۰/۳۴۹ رتبه اول و به عنوان بهترین اینورتر، اینورتر Fronius Eco full 25.0-3-S با امتیاز ۰/۱۶۴ رتبه آخر را به خود اختصاص دادند. با توجه به آنالیز تحلیل حساسیت دینامیکی معیارها و زیر معیارها نسبت به هم، چگونگی تغییر در میزان اهمیت و ارجحیت هر معیار نسبت به سایر معیارها و همچنین نتیجه تاثیرات مستقیم آن ها بر روی انتخاب مکان بهینه بررسی شد.

می‌توان گفت با این روش براحتی در صورت چند گزینه و تعداد معیارهای بالا می‌توان با دقت گزینه نهایی را انتخاب کرد. وزن دهی منطقی و درست بین معیارها و گزینه‌ها انجام داده شده تا در نهایت تجهیزات مناسب انتخاب شوند و اولویت‌بندی تجهیزات به صورت دقیق انجام پذیرد. مسلم است هر چه از معیارهای بیشتر و دقیق تری استفاده شود، نتیجه بهتری را می توان انتظار داشت. این روش دارای مزایای بسیاری برای انتخاب تجهیزات بهینه، انواع فعالیت های اولویت بندی معیارها در ساختار سلسله مراتبی و استفاده در سایر زمینه ها، تلفیق با منطق فازی و غیره می باشد.

به طور کلی از آنجایی که کشور ایران پتاسیل های بالایی در تولید انرژی های تجدیدپذیر به خصوص انرژی خورشیدی دارد، استفاده هرچه بهتر از این نعمت های خدادادی و کاهش استفاده از سوخت های فسیلی می تواند باعث پیشرفت این مرز و بوم شود. فلذا با انتخاب بهترین تجهیزات جهت تولید انرژی و راندمان بالا و کاهش هزینه ها از لحاظ اقتصادی در حوزه انرژی های تجدیدپذیر، می توان به پیشرفت این فناوری نوین کمک کرد.

فهرست علائم

علائم انگلیسی

ماتریس مقایسه	a_{ij}
شاخص ناسازگاری	CI
نرخ ناسازگاری	CR
امتیاز گزینه j در ارتباط با زیر معیار i	g_{ij}
امتیاز نهایی (اولویت) گزینه	j
تعداد معیارها	N
طول ماتریس	n
ضریب ناسازگاری	RI
مقدار متوسط عنصر ردیف ماتریس A	$\overline{W_i}$
ضریب اهمیت معیار i	W_i
ضریب اهمیت معیار k	W_k

علائم یونانی

حداکثر مقدار ویژه ماتریس	λ_{max}

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

مراجع

[1] Bertolini,M., M.,Braglia .2006. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract, 17 January.

[2] Omkarprasad, V. and K.,Sushil .2004. Analytic hierarchy process: An overview of applications,April.

[3] Theresa Mau-Crimmins,J.E.2003. De Steiguer and Donald Dennis AHP as a means for improving public participation: a pre–post experiment with university students 14 August.

[4] Saaty TL. The analytic hierarchy process. New York:McGraw-Hill; 1980.

[5] Saaty TL. A scaling method for priorities in hierarchical structures. J Math Psychol 1977;15:234–81. http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5.

[6] Vargas LG. An overview of the analytic hierarchy process and its applications. Eur J Oper Res 1990;48:2–8. http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(90)90056- H.

[7] Ilangkumaran M, Kumanan S. Selection of maintenance policy for textile industry using hybrid multi-criteria decision making approach. J Manuf Technol Manage 2009;20:1009–22. http://dx.doi.org/10.1108/ 17410380910984258.

[8] Van de Water H, de Vries J. Choosing a quality improvement project using the analytic hierarchy process. Int J Qual Reliab Manage 2006;23:409–25. http:// dx.doi.org/10.1108/02656710610657602.

[9] Cinelli M, Coles SR, Kirwan K. Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment. Ecol Ind 2014;46:138–48. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.06.011.

[10] Podgorski D. Measuring operational performance of OSH management system–a demonstration of AHP-based selection of leading key performance indicators. Saf Sci 2015;73:146–66. http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci. 2014.11.018.

[11] Moreno-Jimenez,J.M., et al.2005. A spreadsheet module for consistent consensus building in AHP-group decision making, Group Decision and Negotiation 14 89–108.

[12] Ates SA, Durakbasa NM. Evaluation of corporate energy management practices of energy intensive industries in Turkey. Energy 2012;45:81–91. http:// dx.doi.org/10.1016/j.energy.2012.03.032.

[13] Thollander P, Ottosson M. Energy management practices in Swedish energy intensive industries. Cleaner Prod 2010;18:1125–33. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.04.011.

[14] Velazquez D, Gonzalez-Falcon R, Perez- Lombard L, Marina Gallego L, Monedero I, Biscarri F. Development of an energy management system for a naphtha reforming plant: a data mining approach. Energy Convers Manage 2013;67:217– 25. http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2012.11.016.

[15] Kannan R, Boie W. Energy management practices in SME—case study of a bakery in Germany. Energy Convers Manage 2003;44:945–59. http:// dx.doi.org/10.1016/S0196-8904(02)000791.

[16] Tam KW, Leung CW, Probert SD. Energy management in a dairy-products plant. Appl Energy 1989;32:83–100. http://dx.doi.org/10.1016/0306- 2619(89)90071- 8.

[17] Bojana Jo, Jovan Fi, Vukman Ba. Prioritization of manufacturing sectors in Serbia for energy management improvement – AHP method. Energy Conversion and Management 98 (2015) 225–235.

[18] S. D. Pohekar and M. Ramachandran, "Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning – A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 8, no. 4, pp. 365–381, 2004, doi:10.1016/j.rser.2003.12.007.

[19] J. Ren and B. K. Sovacool, "Prioritizing low- carbon energy sources to enhance China's energy security,"*Energy Convers . Manag.*, vol. 92, pp. 129–136, 2015, doi: 10.1016/j.enconman.2014.12.044.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

[20] S. Ahmad and R. M. Tahar, "Selection of renewable energy sources for sustainable development of electricity generation system using analytic hierarchy process: A case of Malaysia," *Renew. Energy*, vol. 63, pp. 458–466, 2014, doi:10.1016/j.renene.2013.10.001.

[21] L. P. Ghimire and Y. Kim, "An analysis on barriers to renewable energy development in the context of Nepal using AHP," *Renew. Energy*, vol. 129, pp. 446– 456, 2018, doi: 10.1016/j.renene.2018.06.011.

[22] S. Luthra, S. Kumar, D. Garg, and A. Haleem, "Barriers to renewable/sustainable energy technologies adoption: Indian perspective," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 41, pp. 762–776, 2015, doi:10.1016/j.rser.2014.08.077.

[23] M. H. Azam, M. F. M. Abushammala, and W. A. Qazi, "Evaluation of the significant renewable energy resources in Sultanate of Oman using analytical hierarchy process," Int. J. *Renew. Energy Res*., vol. 8, no. 3, pp. 1528–1534, 2018.

[24] Y. Wang, L. Xu, and Y. A. Solangi, "Strategic renewable energy resources selection for Pakistan: Based on SWOT Fuzzy AHP approach," *Sustain. Cities Soc*., vol. 52, 2020, doi: 10.1016/j.scs.2019.101861.

[25] A. Tasri and A. Susilawati, "Selection among renewable energy alternatives based on a fuzzy analytic hierarchy process in Indonesia," *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 7, pp. 34–44, 2014, doi: 10.1016/j.seta.2014.02.008.

[26] Sudeep Ya, Gaurav Sr, PriyankaYa, Balendu Sh. Prioritization of Decentralized Renewable Energy Technologies for Rural Areas of Bundelkhand Region, India Using Analytical Hierarchy Process (AHP). *INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH* Sudeep Yadav et al., Vol.10, No.4, December, 2020.

[27] Amer M, Daim TU. Selection of renewable energy technologies for a developing county: a case of Pakistan. *Energy* Sustain Dev 2011;15(4): 420e35.

[28] Ma D, Chang C, Hung S. The selection of technology for late-starters: a case study of the energy-smart photovoltaic industry. Econ Model 2013;35: 10e20.

[29] Yong Ta, Honghang Su, Qiang Ya, Yibo Wa. The selection of key technologies by the silicon photovoltaic industry based on the Delphi method and AHP (analytic hierarchy process): *Case study of China Energy* 75 (2014) 474e482.

[30] NaiYan Zhan, Yue Xu. Research status of the evaluation index system of building energy efficiency in China and abroad. *Constr energy Conserv* 2015;4:96e9.

[31] Xinghui Zh, Jiaojiao Ya, Xudong Zh. Optimal study of the rural house space heating systems employing the AHP and FCE methods. *Energy* 150 (2018) 631e641.

[32] Dey PK. Integrated project evaluation and selection using multiple-attribute decision-making technique. Int Prod Econ 2006;103:90–103. http:// dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.11.018.

[33] Shin CO, Yoo SH, Kwak SJ. Applying the analytic hierarchy process to evaluation of the national nuclear R&D projects: the case of Korea. Prog Nucl Energy 2007;49:375–84. http://dx.doi.org/10.1016/j.pnucene.2007.03.001.

[34] Lee DK, Park SY, Park SU. Development of assessment model for demand-side management investment programs in Korea. Energy Policy 2007;35:5585–90. http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2007.05.029.

[35] Garcia E, Schweickardt G, Andreoni A. A new model to evaluate the dynamic adaptation of an electric distribution system. Energy Econ 2008;30:1648–58. http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2007.05.003.

[36] Lee SK, Mogi G, Kim JW. The competitiveness of Korea as a developer of hydrogen energy technology: the AHP approach. Energy Policy 2008;36:1284–91. http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2007.12.003.

[37] Karger CR, Hennings W. Sustainability evaluation of decentralized electricity generation.Renew Sustain Energy Rev 2009;13:583–93. http://dx.doi.org/ 10.1016/j.rser.2007.11.003.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

[38] Kablan M. Prioritization of decentralized electricity options available for rural areas in Jordan. Energy Convers Manage 1997;38:1515–21. http://dx.doi.org/ 10.1016/S0196-8904(96)00106-9.

[39] Wong JK, Li H. Application of the analytic hierarchy process (AHP) in multicriteria analysis of the selection of intelligent building systems. Build Environ 2008;43:108–25. http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.11.019.

[40] Srdjevic Z, Samardzic M, Srdjevic B. Robustness of AHP in selecting wastewater treatment method for the coloured metal industry: Serbian case study. Civil Eng Environ Syst 2012;29:147–61. http://dx.doi.org/10.1080/10286608. 2012.672412.

[41] Sarmiento R, Thomas A. Identifying improvement areas when implementing green initiatives using a multitier AHP approach. Benchmarking: Int J 2010;17:452 63.http://dx.doi.org/10.1108/14635771011049399.

[42] Nagesha N, Balachandra P. Barriers to energy efficiency in small industry clusters: multi- criteria- based prioritization using the analytic hierarchy process. Energy 2006;31:1969–83.

http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2005. 07.002.

[43] Lee SK, Yoon YJ, Kim JW. A study on making along- term improvement in the national energy efficiency and GHG control plans by the AHP approach. Energy Policy 2007;35:2862–8. http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2006.09.019.

[44] Shen L, Muduli K, Barve A. Developing a sustainable development framework in the context of mining industries: AHP approach. Resour Policy, in press. http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2013.10.006.

[45] Liang X, Sun X, Shu G, Sun K, Wang X, Wang X. Using the analytic network process (ANP) to determine method of waste energy recovery from engine. Energy Convers Manage 2013;66:304–11. http://dx.doi.org/10.1016/ j.enconman.2012.08.005.

[46] Kagazyo T, Kaneko K, Akai M, Hijikata K. Methodology and evaluation of priorities for energy and environmental research projects. Energy 1997;22:121– 9. http://dx.doi.org/10.1016/S0360-5442(96)00132-6.

[47] Chedid RB. Policy development for solar water heaters: the case of Lebanon. Energy Convers Manage 2002;43:77 86. http://dx.doi.org/10.1016/S0196- 8904(01)00008-5.

[48] Bhattacharyya S, Dey PK. Selection of power market structure using the analytic hierarchy process. Int Global Energ Issues 2003;20:36–57. http:// dx.doi.org/10.1016/S0140-6701(05)80184-5.

[49] Kablan MM. Decision support for energy conservation promotion: an analytic hierarchy process approach. Energy Policy 2004;32:1151–8. http://dx.doi.org/ 10.1016/S0301 4215(03)00078-8.

[50] Saaty TL. The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill; 1980.

[51] Saaty TL. A scaling method for priorities in hierarchical structures. J Math Psychol 1977;15:234–81. http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5.

[52] Moreno-Jimenez,J.M., et al.2005. A spreadsheet module for consistent consensus building in AHP-group decision making, Group Decision and Negotiation 14 89–108.

[53] Y. Wang, L. Xu, and Y. A. Solangi, "Strategic renewable energy resources selection for Pakistan: Based on SWOT-Fuzzy AHP approach," Sustain. Cities Soc., vol. 52, 2020, doi: 10.1016/j.scs.2019.101861.

[54] Dey,P.K., E.K.,Ramcharan.2000. Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. Journal of Environmental Management.

[55] Changa,K.F., C.M.,Chiangb, P.C.Chouc.2007. Adapting aspects of GB Tool 200` searching for suitability in Taiwan, Building and Environment 42 310–316.

[56] Bowen,W.M.1990. Subjective judgments and data environment analysis in site selection, Computer,Environment and Urban Systems, Vol. 14, pp.133-144

[57] Mau,J., and et al.2005. Siting analysis of farm-based centralized anaerobic digester systems for distributed generation using GIS, Biomass and Bioenergy 28 591–600.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

[58] Çimren,E., B.,Çatay, E.,Budak .2007. Development of a machine tool selection system using AHP,International Journal of Advanced Manufacturing Technology35 363–376.

[59] Ngai,E.W.T.2003. Selection of web sites for online advertising using the AHP, Information & Management 40 .233-242.

[60] Omkarprasad, V. and K.,Sushil .2004. Analytic hierarchy process: An overview of applications, April.

[61] Sanaei,A., A.,Faraji.2002. Using location –allocation models for regional planning in GIS, Environment , Proceeding of MAP ASIA, Bankok.

[62] Bertolini,M., M.,Braglia .2006. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract, 17 January.

[63] Moreno-Jimenez,J.M., et al.2005. A spreadsheet module for consistent consensus building in AHP-group decision making, Group Decision and Negotiation 14 89–108.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]

چکیده انگلیسی:

Optimal Selection of Equipment for a Grid-Connected Photovoltaic Solar Power Plant Using the Analytical Hierarchy Process

Pedram Ahadi[1], Farbod Fakhrabadi [2]*, Alireza Pourshaghaghi [3], Farshad Kowsari [4]

[1] PhD student, Department of Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.
[2*] Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.
[3] Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.
[4] Professor, Department of Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

Received: November 2022, Accepted: January 2022

Abstract

The present study was conducted to optimally select equipment for a grid-connected photovoltaic solar power station using the method of analytical hierarchy process (AHP) and the Expert Choice software. AHP is one of the most widely used multi-criteria decision-making tools. Criteria and sub-criteria such as efficiency, price, number of years of warranty, and amount of equipment were considered. For selection of optimal equipment using the AHP method, realized in Expert Choice, pairwise comparison is made between the sets for weighting once the hierarchical levels, including the goal, criteria, sub-criteria, and alternatives (intended equipment), are specified. As the sets are weighted, the compatibility of judgments is analyzed, which must be less than 0.1. The research addressed the equipment available over the market in Iran. Given the measures considered here, 500W Mono Trina Solar was selected as the best panel, and 25KW Growatt MID KTL3-X was the best inverter. The other alternatives were assigned the next priorities based on the corresponding weights. Moreover, sensitivity analysis was made on the main criteria, and the effect of parameter weight on the alternatives was assessed.

Key words: Renewable Energy, Grid-Connected Photovoltaic Solar Power Plant, Optimization, Analytical Hierarchy Process (AHP)
*corresponding author: Farbod.Fakhrabadi@iau.ac.ir

Cite this article as: Pedram Ahadi, Farbod Fakhrabadi, Alireza Pourshaghaghi, Farshad Kowsari, Optimal Selection of Equipment for a Grid-Connected Photovoltaic Solar Power Plant Using the Analytical Hierarchy Process. Journal of Energy Conversion, 2023, 10(1), 57-80. DOR: **20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9**

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-03]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1402.10.1.1.9]