# روش نوین برنامه‌ریزی توسعه و جایابی نیروگاهها با لحاظ کردن محدودیت خطوط انتقال

سید هادی حسینی*، دکتر حسین سیفی**، دکتر محسن پارسا مقدم***، دکتر محمدرضا امیدخواه***،
مجید فرمد**** و محمود غزنوی*****
دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه زنجان
دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس
شرکت توانیر

(دریافت مقاله: ۸۲/۳/۷ – دریافت نسخه نهایی: ۸۳/۱۰/۱۶)

**چکیده** – برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها یکی از مهمترین بخشهای برنامه‌ریزی توسعه شبکه است. برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها برای مدت زمانی در حدود ۱۰ الی ۳۰ سال انجام می‌شود. ابعاد بزرگ این مسئله باعث شده برای حل آن از برخی ساده سازیها استفاده شود. نرم افزار WASP یکی از قویترین نرم افزارهای برنامه‌ریزی توسعه نیروگاههاست که تمام بار و تولید را متمرکز در یک شین در نظر می‌گیرد و قادر به تعیین محل احداث نیروگاهها نیست. در این مقاله روش نوینی بیان می‌شود که قادر است محل احداث نیروگاههای جدید را نیز تعیین کند. اساس این روش بر استفاده از برنامه‌ریزی دینامیکی و ضرایب حساسیت استوار است. در انتهای این مقاله نتایج اعمال این روش بر روی شبکه برق ایران برای سالهای بین ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ آورده شده است.

**واژگان کلیدی :** برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها، جایابی نیروگاهها،WASP، برنامه‌ریزی توسعه شبکه

# A New Generation Allocation and Expansion Planning Algorithm Including Transmission System Effects

**S. H. Hosseini, H. Seifi, M. Parsa, M. R. Omidkhah, M. Farmad and M. Gaznavi**
Department of Industrial Engineering, Zanjan University
Department of Industrial Engineering, Tarbiat Modares University
Department of Planning, Tavanir, Co.

**Abstract:** ***Generation Expansion Planning (GEP) is one of major modules of power system planning studies, normally performed for the nex 10-30 years horizon. The current industrial practices are to find the generation requirements based on a***

* – دانشجوی دکترا ** – استاد *** – دانشیار **** – مدیر دفتر برنامه‌ریزی تولید ***** – کارشناس دفتر برنامه‌ریزی تولید



[ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ]

***nodal analysis. In this way, the allocations are not determined and subequent studies are required to find the exact locations which as decomposed from the earlier stage, may result in non-optimum solution. A new approach is proposed in this paper in which, based on dynamic programming and sensitivity factors, GEP is performed with due to consideration of transmission system effects. In this way, the allocations of justified generation plants are also determined. The results for Iranian Power Grid for the years 2011 to 2021 are demonstracted.***

**Keywords**: ***Generation Expansion Planning, Network planning, Generation allocation, Power system planning***

## ۱- مقدمه

برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها یکی از مهمترین بخشهای برنامه‌ریزی توسعه شبکه است. هدف از برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها یافتن ترکیبی از نیروگاههاست که با احداث آنها بار مورد نیاز مصرف کنندگان به صورت مطمئن تأمین و کمترین هزینه نیز برای تأمین بارها به شبکه تحمیل شود. در این برنامه‌ریزی باید مشخص شود که چه نوع نیروگاهی، با چه ظرفیتی، در چه زمانی و در چه مکانی باید احداث شده تا هدف فوق برآورده شود. این برنامه‌ریزی معمولاً برای یک دورهٔ زمانی ۱۰ تا ۳۰ ساله انجام می‌شود[۱]. ابعاد بزرگ مسئله که از تعداد زیاد متغیرهای تصمیم گیری در آن و وجود قیود و رفتارهای غیر خطی و گسسته متغیرها ناشی می‌شود مانع از ارائه یک روش جامع برای حل کل این مسئله بهینه سازی شده است و روشهای ارائه شده برای حل آن از ساده سازیهایی برای کاهش ابعاد آن سود برده‌اند[۱-۳]و[۸ و۹.]

نرم افزار WASP-III که امروز یکی از قویترین ابزارهای برنامه‌ریزی توسعه نیروگاههاست و از چندین دههٔ پیش در بسیاری از کشورها از آن استفاده شده است از پاسخ دادن به محل احداث نیروگاههای جدید دوری کرده و فرض می‌کند که تمامی بارها و تولید تمامی نیروگاهها در یک شین به طور متمرکز واقع شده‌اند. این فرض باعث کاهش زیاد ابعاد مسئله شده و آنرا قابل حل می‌کند[۱]. روشهای گوناگونی با استفاده از روشهای نوین بهینه‌یابی نظیر الگوریتم ژنتیک و غیره با استفاده از فرض مشابه فوق برای برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها ارایه شده است[۸،۳و۹] .در صورتی‌که توزیع بار مصرف کنندگان در ناحیهٔ جغرافیایی مورد مطالعه یکنواخت بوده و یا هزینهٔ تأمین سوخت در تمامی قسمتهای ناحیهٔ فوق یکسان باشد می‌توان اطمینان داشت که پاسخ WASP پاسخ بهینه است. ولی معمولاً چنین فرضهایی صادق نیستند[ ۱،۴و۵]. اگر نیروگاههای جدید در مراکزی دورتر از بارها واقع شوند امکان دارد باعث تحمیل هزینهٔ زیاد احداث خطوط انتقال شود و یا برعکس اگر این نیروگاهها در مراکزی نزدیک بارها و دورتر از منابع تأمین سوخت واقع شوند ممکن است منجر به افزایش هزینهٔ تأمین سوخت شود[۱،۴]. بنابراین برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها بدون در نظر گرفتن توزیع جغرافیایی بارها، محدودیتهای تأمین سوخت و انتقال توان الکتریکی توسط خطوط انتقال و محدودیتهای دیگر ناشی از محدودیتهای جغرافیایی و قیمت زمین و غیره به پاسخ بهینهٔ واقعی نخواهد رسید. تحقیقات زیادی در مورد انجام این مطالعات به صورت کامل صورت گرفته است[۱و۴-۶]. در برخی از مقالات نیز به تاثیر شرایط زیست محیطی بر برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها پرداخته شده است[۷].

در روش ارایه شده در مرجع[۱] که JASP نامیده شده است توزیع جغرافیایی بارها در نظر گرفته شده و تغییرات هزینهٔ تأمین سوخت برای نواحی مختلف نیز دیده شده است. در این روش، ناحیهٔ مورد مطالعه به چندین منطقه تقسیم می‌شود. هزینهٔ تأمین سوخت در هر منطقه نسبت به مناطق دیگر متفاوت است ولی در سرتاسر نقاط داخل این منطقه یکسان فرض می‌شود. مجموع بارهای درون هر منطقه به صورت متمرکز در یک نقطه که مرکز ثقل باری آن منطقه است، فرض می‌شود. برای یافتن نوع، ظرفیت، زمان و مکان احداث نیروگاههای جدید، در این روش علاوه بر روش دینامیکی پیش رو که WASP نیز از آن استفاده کرده است، از مفهوم ضرایب



[ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ]

حساسیت کمک گرفته می‌شود. بدین ترتیب که در هر مرحله از تصمیم گیری از میان نیروگاههای کاندید، نیروگاهی برای احداث انتخاب می‌شود که با کمترین هزینه، بیشترین تأثیر را بر بهبود رفتار شبکه بگذارد. در صورتی‌که بین دو منطقه تبادل توانی صورت گیرد، هزینهٔ انتقال توان که تابعی از مقدار توان منتقله و فاصله بین مراکز ثقل باری آن دو است به مجموعهٔ هزینه‌ها افزوده می‌شود. با توجه به مطالب گفته شده در این روش از اثر خطوط انتقال موجود بین مناطق مختلف چشم پوشی شده است.

در مرجع [۴] برنامه‌ریزی توسعه و جایابی نیروگاهها به دو مسئله تعیین نوع ، ظرفیت نیروگاهها و تعیین محل احداث نیروگاهها تقسیم شده است. برای یافتن پاسخ قسمت اول مسئله، از روشهای مختلف ارایه شده استفاده شده و برای یافتن پاسخ مسئله دوم، با لحاظ کردن خطوط انتقال(با مدل سیستم حمل و نقل) و هزینه سوخت‌رسانی از روش برنامه‌ریزی دینامیکی پیش‌رو استفاده شده است. این موضوع باعث افزایش ابعاد مسئله و پیچیدگی آن شده که برای رفع آنها روشهای ویژه‌ای معرفی شده است. در انتهای این مقاله نتایج اجرای آن برای شبکه برق چین آورده شده است. در این مطالعه شبکه برق چین به چهار ناحیه تقسیم شده است. به سبب استفاده از تکنیکهای بهینه‌سازی مبتنی بر روشهای کلاسیک ریاضی به‌نظر می‌رسد با افزایش ابعاد مسئله، به‌طور مثال با افزایش نواحی تقسیم‌بندی شده شبکه مورد مطالعه، رسیدن به پاسخ بهینه با این روش مشکل خواهد بود[۵] و قادر به حل مسئله های با ابعاد بزرگ و تعداد مناطق بیشتر نیست، همچنان‌که در مرجع مورد نظر، از این روش برای برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها در کشور چین که به چهار منطقه تقسیم شده، استفاده شده است.

در مرجع [۵] روشی ارایه شده که علی‌رغم برطرف کردن برخی از محدودیتهای روش مرجع [۴]، در آن از تفاوت قیمت سوخت در نواحی مختلف و نرخ خروج اضطراری نیروگاهها صرف‌نظر شده است.

در مرجع [۶]، نحوه تغییرات و رفتار بار وارد مسئله نشده بنابراین روش ارایه شده قادر به تعیین نوع نیروگاهها نیست.

در این مقاله روشی متفاوت از روش مراجع فوق بیان می‌شود که قادر است با استفاده از نرم افزار WASP و الگوریتم دینامیکی، با لحاظ کردن محدودیتهایی همانند نرخ خروج اضطراری نیروگاهها (بر خلاف روش مرجع [۵])، علاوه بر تعیین نوع (بر خلاف روش مرجع [٦])، ظرفیت و زمان احداث نیروگاههای جدید مکان احداث آنها را نیز معین کند و علاوه بر آن قادر به در نظر گرفتن محدودیتهای تأمین سوخت و خطوط انتقال موجود نیز هست(بر خلاف روش مراجع [۱و٤]). همچنین به سبب تکنیک به‌کار گرفته شده در این روش، به راحتی قابل اعمال به شبکه‌های با ابعاد بزرگ بوده و حتی به‌جای مفهوم مناطق از مفهوم شین نیز در حل آن می‌توان بهره جست(همانند روش مرجع [٤] محدودیت ابعاد مسئله در اینجا وجود ندارد).

در ادامهٔ این مقاله پس از بیان جزییات روش، نتایج اجرای آن برای شبکهٔ برق ایران نیز آورده شده است.

## ۲- بیان ریاضی برنامه‌ریزی توسعهٔ نیروگاهها

مجموعهٔ ظرفیت قابل تولید نیروگاههای موجود یک شبکه باید قادر به تأمین مطمئن بار باشند. اگر مجموعه توان مصرفی مصرف کنندگان در سال tام از دورهٔ زمانی مورد مطالعه، برابر $S_t$ و مجموعه ظرفیت قابل تولید نیروگاهها، $P_t$ (در کل شبکه)باشد، آنگاه براساس نکتهٔ فوق باید:

$$(1 + a)S_t \le P_t \le (1 + b)S_t \qquad (۱)$$

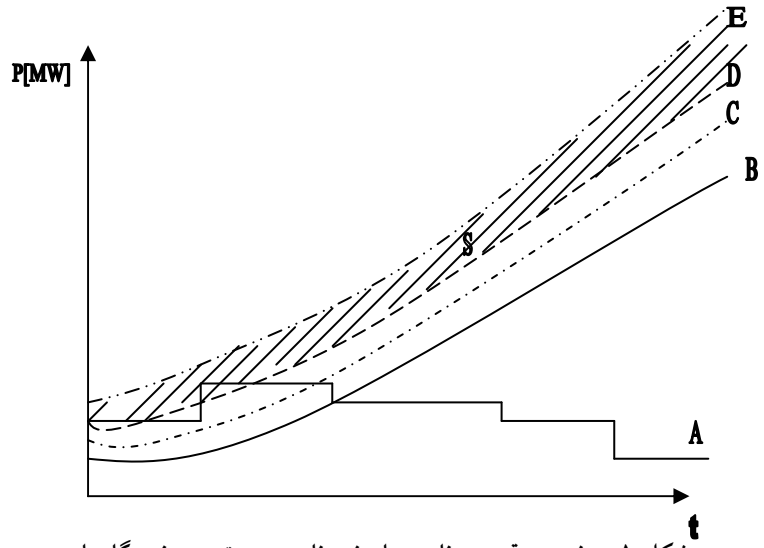
که $t = 1,2,\ldots,T$ بوده و T طول کل دورهٔزمانی مورد مطالعه است.

در معادله فوق a حداقل ضریب ذخیرهٔ چرخان و b حداکثر مقدار آن است. مقدار ذخیرهٔ چرخان در یک شبکه برای حصول اطمینان از تغذیهٔ مطمئن بار است. علاوه بر این مجموع ظرفیت قابل تولید نیروگاهها باید به حدی باشد که اندیس قابلیت اطمینان LOLP از مقدار مجاز و استاندارد خود فراتر نرود. به عبارت دیگر:

$$LOLP(t) \le \varepsilon \qquad (۲)$$



[ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ]




**شکل ۱- وضعیت قیود و ناحیه پاسخ برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها**

که ε مقدار استاندارد LOLP را نشان می‌دهد.

شکل (۱) وضعیت قیود فوق و ناحیهٔ جواب را نشان می‌دهد.

شکل (۱) منحنی A، نشان‌دهنده ظرفیت نصب شدهٔ نیروگاهها در شبکه است. افزایش این منحنی بیان کنندهٔ افزایش ظرفیت کل سیستم ناشی از به مدار آمدن یک نیروگاه در دست احداث بوده و کاهش آن به معنای خروج یک واحد نیروگاهی در اثر پایان عمر مفید آن است. منحنی B مقدار بار مصرف کنندگان را نشان می‌دهد. صعودی بودن این منحنی به معنای افزایش بار مورد نیاز مصرف کنندگان است. منحنی C متناظر با ضریب ذخیرهٔ چرخان a و E متناظر با ضریب ذخیرهٔ چرخان b است. منحنی D نیز بیان کنندهٔ محدودیت قابلیت اطمینان مربوط به اندیس LOLP است. با توجه به نکات گفته شده مقدار تولید باید در ناحیهٔ هاشور خوردهٔ S باشد.

نیروگاههایی که به شبکه افزوده می‌شوند می‌توانند آبی، بخاری، اتمی و یا از انواع دیگر باشند. اگر انواع نیروگاههای قابل احداث در شبکه $N_g$ باشد، تعداد نیروگاهی که از هر نوع در هر سال احداث می‌شود باید در رابطهٔ زیر صدق کند:

$$N_i^t \le N_{g\max i}^t \quad i= 1,\ldots,N_g \quad t= 1,\ldots,T \qquad (۳)$$

$N_i^t$ تعداد نیروگاههای احداث شده از نوع i در دورهٔ tام بوده و $N_{g\max i}^t$ ماکزیمم تعداد نیروگاههای قابل احداث از نوع i در دورهٔ tام است.

ترکیب نیروگاههای جدید باید به گونه‌ای باشد که هزینهٔ تأمین بارها مینیمم باشد. مقدار هزینه از رابطهٔ زیر قابل محاسبه است:

$$C = \sum_{t=1}^{T} (I_t + M_t + F_t) \qquad (٤)$$

$I_t$ هزینهٔ توسعهٔ نیروگاهها، $M_t$ هزینهٔ تعمیر و نگهداری نیروگاهها و $F_t$ هزینهٔ سوخت نیروگاهها در دورهٔ tام است.

برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها یک مسئله بهینه سازی با هدف مینیمم کردن تابع C تحت قیود (۱)، (۲) و (۳) است.

## ۳- مبانی روش پیشنهادی برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها

در این قسمت قصد بر این است مبانی و جزییات روش حلی برای برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها بیان شود که علاوه بر تعیین نوع، ظرفیت و زمان احداث نیروگاههای جدید، مکان احداث آنها را نیز معین کند. در این روش ابتدا نوع، ظرفیت و زمان احداث نیروگاهها تعیین شده و سپس با الگوریتم جداگانه‌ای مکان احداث آنها معین می‌شود.

برای تعیین نوع، ظرفیت و زمان احداث نیروگاهها از نرم افزار WASP-III کمک گرفته شده و برای اجرای آن از قیمت



[ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ]

متوسط سوخت در قسمتهای مختلف ناحیهٔ مورد مطالعه استفاده می‌شود (در واقع در این بخش از حل، نامساویهای ۱، ۲، ۳ و تساوی ٤ همزمان دیده می‌شوند). برای یافتن مکان احداث نیروگاهها، ناحیهٔ مورد مطالعه به J منطقهٔ مختلف تقسیم می‌شود(منظور صرفا مناطق جغرافیایی نبوده و می‌توان هر پست را به عنوان یک منطقه در این مطالعات لحاظ کرد). بار هر قسمت در دورهٔ tام، $S_{i,t}$ و قیمت سوخت $F_i$ در هر منطقه $(i=1,...,J)$ نیز مشخص است. به‌علاوه براساس خطوط انتقال موجود، ماکزیمم تبادل توان الکتریکی بین دو منطقه i و j نیز مشخص است که با $T_{ij}^{max}$ نمایش داده می‌شود. اگر میزان تولید نیروگاههای موجود در هر ناحیه در دورهٔ tام $P_{i,t}$ باشد، مقدار تولید نیروگاههای جدید در این دوره $P_{i,t}^{new}$ ، باید در روابط زیر صدق کند:

$$(1+a)S_{i,t} \le P_{i,t} + \sum_{j=1}^{J} T_{ij,t} + P_{i,t}^{new} \le (1+b)S_{i,t}$$

$$t = 1,\ldots,T \qquad (۵)$$

$$T_{ij,t} \le T_{ij}^{max} \qquad (٦)$$

$$\sum_{i=1}^{k} P_{i,t}^{new} = P_t^{new} \qquad (۷)$$

$P_t^{new}$ ظرفیت قابل تولید نیروگاههای جدید است که توسط WASP برای دورهٔ tام توجیه شده است. رابطهٔ (۵) بیان دیگری از رابطهٔ (۱) است و در واقع تعادل بین تولید و بار را بیان می‌کند. رابطهٔ (٦) نیز محدودیت تبادل توان بین دو منطقه را نشان داده و رابطهٔ (۷) نتایج به دست آمده از اجرای WASP را به قسمت دوم روش انتقال می‌دهد. برای اجرای بخش دوم روش، ابتدا اندیس زیر برای هر منطقه محاسبه می‌شود:

$$b_{i,t} = P_{i,t} - (1+a)S_{i,t} \qquad i = 1,\ldots,J \qquad (۸)$$

مقدار مثبت اندیس فوق در دورهٔ tام برای یک منطقه به معنای اضافه بودن میزان تولید در آن منطقه از مقدار بار مصرفی در آن است. مقدار اضافه تولید این منطقه باید به سایر مناطق انتقال داده شود. در اینجا تنها انتقال توان به مناطق همجوار در نظر گرفته می‌شود(این فرض تنها برای ساده‌سازی مسئله در نظر گرفته می‌شود و در روند اعمال روش امکان انتقال توان به سایر مناطق نیز فراهم می‌آید). برای تعیین مقصد انتقال این توان اضافی، مناطق همجوار منطقه موردنظر به‌صورت زیر تقسیم بندی می‌شوند:

مناطقی که اندیس تعریف شده توسط رابطه (۸) برای آنها منفی است و امکان تبادل توان بین این مناطق و منطقه مورد نظر بر اساس خطوط انتقال موجود، وجود دارد.

مناطقی که اندیس تعریف شده توسط رابطه (۸) برای آنها منفی است و امکان تبادل توان بین این مناطق و منطقه مورد نظر بر اساس خطوط انتقال موجود، وجود ندارد.

مناطقی که اندیس تعریف شده توسط رابطه (۸) برای آنها مثبت است و امکان تبادل توان بین این مناطق و منطقه مورد نظر بر اساس خطوط انتقال موجود وجود داشته و همچنین امکان تبادل توان بین این مناطق و سایر مناطق همجوارشان به‌غیر از منطقه مورد نظر نیز وجود دارد.

مناطقی که اندیس تعریف شده توسط رابطه (۸) برای آنها مثبت است و امکان تبادل توان بین این مناطق و منطقه مورد نظر بر اساس خطوط انتقال موجود وجود داشته ولی امکان تبادل توان بین این مناطق و سایر مناطق همجوارشان به‌غیر از منطقه مورد نظر وجود ندارد.

مناطقی که اندیس تعریف شده توسط رابطه (۸) برای آنها مثبت است و امکان تبادل توان بین این مناطق و منطقه مورد نظر بر اساس خطوط انتقال موجود، وجود نداشته ولی امکان تبادل توان بین این مناطق و سایر مناطق همجوارشان به‌غیر از منطقه مورد نظر وجود دارد.

مناطقی که اندیس تعریف شده توسط رابطه (۸) برای آنها مثبت است و امکان تبادل توان بین این مناطق و منطقه مورد نظر بر اساس خطوط انتقال موجود، وجود نداشته و همچنین امکان تبادل توان بین این مناطق و سایر مناطق همجوارشان به‌غیر از منطقه مورد نظر نیز وجود ندارد.

متناظر با هر دسته فوق، اندیسهایی برای مناطق واقع شده در آن دسته تعریف می شود. این اندیسها به گونه‌ای تعریف می‌شوند



[ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ]

که در نهایت نیروگاههای جدید در مکانی احداث شوند که کمترین هزینه تولید به شبکه تحمیل شده و از طرف دیگر کمترین خطوط انتقال نیز به مجموعه شبکه اضافه شود. این اندیسها برای شش دسته فوق بصورت زیر تعریف می‌شوند(در واقع اندیسهای $f_1$ تا $f_5$ باعث انتقال توان به نواحی‌ای می‌شوند که از نظر بالا بودن قیمت سوخت، امکان تبادل توان با مناطق مجاور و پوشش دادن مصارف در اولویت باشند):

برای مناطق واقع شده در دسته یک، اندیسی برابر مجموع وزنی دو ضریب زیر:

$$f_1 = \frac{Min(b_{k,t})}{b_{i,t}} \qquad (۹)$$

$$f_2 = \frac{Min(F_k)}{F_i - Min(F_k)} \qquad (۱۰)$$

$i$ متناظر با منطقه‌ای‌است که اندیسهای فوق برای آن معین می‌شود و $k$ متناظر با مناطق همجوار منطقه مورد نظر برای تعیین تبادل توان از آن منطقه است.

برای مناطق واقع شده در دسته دو، اندیسی برابر مجموع وزنی دو ضریب دسته یک و ضریب زیر:

$$f3 = \alpha.b_{i,t}.L_i \qquad (۱۱)$$

در اندیس فوق $\alpha$ از جنس پول بوده و بیان کننده هزینه احداث یک کیلومتر از خط انتقال برای تبادل واحد توان الکتریکی است، $L_i$ نیز فاصله این منطقه از منطقه‌ای‌است که توان از آن منتقل می‌شود.

برای مناطق واقع شده در دسته سه، اندیسی برابر مجموع وزنی دو اندیس زیر تعریف می‌شود:

$$f4 = \frac{Min(b_{k,t})}{\sum b_{l,t}} \qquad (۱۲)$$

$$f5 = \frac{1}{\sum T_{i,l}} \qquad (۱۳)$$

$l$ در دو اندیس فوق مناطق همجوار با منطقه واقع شده در این دسته است.

برای مناطق واقع شده در دسته چهار، اندیسی برابر مجموع وزنی دو اندیس f4 و f3 تعریف می‌شود که $L_i$ متوسط فاصله مناطق واقع شده در این دسته با مناطق همجوار خود است.

برای مناطق واقع شده در دسته پنج، اندیسی برابر مجموع وزنی دو اندیس f4 و f3 تعریف می‌شود که $L_i$ فاصله این منطقه از منطقه‌ای‌است که توان از آن منتقل می‌شود، می‌باشد.

برای مناطق واقع شده در دسته پنج، اندیسی برابر مجموع وزنی دو اندیس f4 و f3 تعریف می‌شود که $L_i$ مجموع فاصله این منطقه از منطقه‌ای که توان از آن منتقل می‌شود و متوسط فاصله مناطق واقع شده در این دسته با مناطق همجوار خود است.

از بین مناطق همجوار، توان ابتدا به منطقه‌ای انتقال می‌یابد که کمترین اندیس را داشته باشد. توان تبادلی تا اندازه‌ای خواهد بود که باعث تغییر دسته منطقه مورد نظر شود. در این‌صورت با ترکیب جدید، اندیسهای متناظر با مناطق محاسبه شده و مقصد جدید توان انتقالی، مشخص می‌شود. این‌کار تا جایی ادامه می‌یابد که مقدار اضافه تولید به مناطق همجوار انتقال یابد.

با تعیین میزان تبادل، اندیسهای $b_{i,t}$ هر منطقه نیز تصحیح می‌شود. این‌کار برای تمامی مناطقی که اندیس $b_{i,t}$ آنها مثبت است انجام می‌شود. در صورت نیاز، با توجه به تصمیمهای اخذ شده در مورد میزان تبادلها، مقادیر $T_{ij}^{max}$ نیز تصحیح می‌شود. در انتها تنها مناطقی باقی می‌مانند که اندیس $b_{i,t}$ متناظر با آنها مقداری در حدود صفر یا منفی است، که با احداث نیروگاههای جدید این مقادیر نیز باید اصلاح شودند.

برای تعیین محل احداث نیروگاههای جدید متناظر با هر نیروگاه توجیه شده، اندیسی برابر مجموع وزنی سه اندیس زیر برای مناطق مختلف تعریف می‌شود (با تعریف اندیسهای $f_6$ تا $f_9$ نیروگاههای جدید در نواحی‌ای قرار می‌گیرندکه از نظر هزینه سوخت، امکان تبادل توان با مناطق مجاور و نزدیکی به مراکز مصرف در اولویت باشند) :

$$f6 = \frac{|b_{i,t}|}{Min(|b_{k,t}|)} \qquad (۱٤)$$

$$f7 = \frac{F_{i\max} - F_i}{F_{i\max}}.\lambda \qquad (۱۵)$$

$\lambda$ در رابطه فوق بازده نیروگاه متناظر است (با لحاظ کردن بازده سعی می‌شود نیروگاههای با بازده کمتر در نواحی با قیمت سوخت پایینتر قرار گیرند).



[ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ]

در صورتی‌که امکان تبادل با خطوط انتقال موجود با مناطق همجوار وجود داشته باشد، اندیس سوم به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$f8 = \frac{\sum_{k=1}^{J} T_{ik}^{max} - \sum_{j=1}^{J} T_{ik}}{\sum_{k=1}^{J} T_{ik}^{max}} \qquad (16)$$

در غیر این‌صورت اندیس سوم به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$f9 = \frac{1}{\alpha.(G - b_{i,t}).L_i} \qquad (17)$$

$\alpha$ در اندیس فوق مشابه اندیس $f3$ است و $G$ مقدار توان تولیدی نیروگاه جدید که اندیسهای فوق برای آن محاسبه می‌شود و $L_i$ متوسط فاصله منطقه مورد نظر از مناطق همجوار با اندیس $b_{i,t}$ منفی است.

در نهایت اندیس واحدی به هر منطقه متناظر با هر نیروگاه جدید نسبت داده می‌شود. نیروگاه جدید مورد نظر در منطقه‌ای واقع می‌شود که بزرگترین اندیس را داشته باشد. پس از جایابی این نیروگاه، مقادیر اندیس $b_{i,t}$ متناظر با هر منطقه تصحیح شده و در صورت ظهور یک منطقه با اندیس مثبت، قبل از ادامه کار، مقدار توان اضافی این منطقه با روش گفته شده به سایر مناطق انتقال می‌یابد، و سپس این‌کار تا پایان یافتن جایابی نیروگاههای توجیه شده توسط WASP ادامه می‌یابد.

روند گفته شدهٔ فوق به دو صورت پیشرو و پس‌رو برای طول پریود زمانی مورد مطالعه قابل اعمال است. در روش پیش‌رو، روند گفته شده برای سال ابتدایی اعمال شده و سپس برای سالهای بعدی با تثبیت کردن نیروگاههای جایابی شده برای سالهای گذشته اعمال می‌شود. در روش پسرو، روند گفته شده ابتدا برای دورهٔ Tام اجرا می‌شود و سپس برای سالهای بعدی به ترتیب به سمت پایین تکرار می‌شود. برای اجرای روش فوق در دوره t-1ام، تنها باید در نظر داشت که نیروگاههایی که در یک منطقه واقع می‌شوند از نیروگاههای واقع شده در آن منطقه در دوره tام بیشتر نشوند.

در بخش چهارم، نتایج اجرای این روش برای شبکه سراسری برق ایران آورده شده است.

## ٤- نتایج مطالعات برای شبکه سراسری برق ایران

ایران کشور پهناوری است که از منابع سوخت فسیلی نیز برخوردار است. مراکز عمدهٔ منابع سوخت در قسمتهای جنوبی واقع شده‌اند که در سالهای گذشته با لوله‌های نفت و گاز این منابع به اکثر مناطق کشور انتقال داده شده است. مناطق شانزده‌گانه کشور بر حسب قیمت سوخت در این مطالعه به چهار قسمت تقسیم شده‌اند، مناطق واقع در قسمت اول دارای ارزانترین قیمت سوخت و مناطق واقع در قسمت چهارم گرانترین قیمت سوخت را دارا هستند. جدول (۱) این تقسیم‌بندی را نشان می‌دهد. مقدار بار مصرفی مناطق شانزده‌گانه ایران در جدول (۲) آورده شده است. نتایج اجرای نرم افزار WASP نیز برای سالهای بین ۱۳۹۰ تا ۱٤۰۰ در جدول (۳) آمده است. فرضیات اجرای این نرم‌افزار (نیروگاههای کاندید در نظر گرفته شده) در جدول (۴) آورده شده است (داده‌های ورودی دیگر WASP به‌همراه سایر اطلاعات صنعت برق ایران در مرجع [۱۰] موجود است). اطلاعات این جدول بر اساس مشخصات هر کدام از انواع نیروگاهها و اطلاعات نوعی برای نیروگاههای شبکه ایران است. در جدول (۵) نیز مقادیر $T_{ij}$ بین مناطق شانزده‌گانه آورده شده است (داده‌های این جدول برابر با مجموع ظرفیت خطوط ٤۰۰ و ۲۳۰ کیلوولت بین مناطق در سال ۱۳۸۱ است). جدول (۶) ویژگیهای چهار اجرای جایابی نیروگاهها را نشان می‌دهد، جداول(۷)تا(۱۰) نیز نتایج چهار اجرای روش فوق را نشان می‌دهند (ظرفیت خطوط انتقال آورده شده در این جداول برحسب پریونیت در مبنای ۱۰۰ مگاولت‌آمپر است).

همچنان‌که از نتایج پیداست، در صورت در نظر نگرفتن هزینه سوخت، مجموعه‌های تولید در نزدیکترین نقطه به مراکز بار قرار می‌گیرند، ولی با لحاظ کردن هزینه سوخت، تمایل روش، به احداث واحدهای تولیدی در مناطق با دسترسی به سوخت ارزانتر است. همچنین با افزایش ضرایب وزنی مربوط



[ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ]

**جدول ۱- تقسیم‌بندی مناطق شانزده‌گانه کشور بر حسب قیمت سوخت (میزان هزینه دسترسی به سوخت)**

| مناطق | توضیحات هر دسته |
|---|---|
| فارس، خراسان، خوزستان | ارزانترین مناطق |
| آذربایجان، باختر، اصفهان، هرمزگان، کرمان | ۵ درصد گرانتر از دسته یک |
| غرب، زنجان، گیلان، مازندران، سمنان، تهران، یزد | ۱۰ درصد گرانتر از دسته یک |
| سیستان و بلوچستان | گرانترین مناطق. ۲۰ درصد گرانتر از دسته یک |

**جدول ۲- بار مصرفی مناطق شانزده‌گانه ایران در سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰(بر حسب مگاوات)**

| نام برق منطقه‌ای | 1390 | 1391 | 1392 | 1393 | 1394 | 1395 | 1396 | 1397 | 1398 | 1399 | 1400 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آذربایجان | 3007 | 3230 | 3464 | 3711 | 3970 | 4242 | 4528 | 4826 | 5139 | 5466 | 5807 |
| باختر | 3201 | 3420 | 3650 | 3890 | 4140 | 4401 | 4673 | 4956 | 5250 | 5556 | 5873 |
| اصفهان | 4775 | 5033 | 5297 | 5568 | 5846 | 6130 | 6420 | 6715 | 7017 | 7324 | 7636 |
| فارس | 3173 | 3316 | 3461 | 3607 | 3755 | 3904 | 4054 | 4205 | 4357 | 4509 | 4661 |
| غرب | 1471 | 1576 | 1686 | 1801 | 1922 | 2049 | 2181 | 2319 | 2463 | 2613 | 2769 |
| هرمزگان | 1925 | 2066 | 2215 | 2371 | 2535 | 2707 | 2887 | 3076 | 3273 | 3479 | 3693 |
| زنجان | 1343 | 1439 | 1539 | 1645 | 1755 | 1870 | 1991 | 2117 | 2248 | 2385 | 2527 |
| کرمان | 1897 | 2018 | 2144 | 2274 | 2410 | 2550 | 2695 | 2845 | 3001 | 3161 | 3326 |
| گیلان | 1354 | 1449 | 1549 | 1653 | 1763 | 1877 | 1996 | 2120 | 2250 | 2384 | 2524 |
| مازندران | 2393 | 2556 | 2727 | 2905 | 3091 | 3285 | 3486 | 3696 | 3914 | 4140 | 4375 |
| سیستان و بلوچستان | 597 | 615 | 633 | 650 | 667 | 684 | 700 | 716 | 731 | 746 | 760 |
| سمنان | 452 | 475 | 499 | 523 | 547 | 572 | 598 | 624 | 650 | 676 | 703 |
| تهران | 6919 | 7132 | 7342 | 7548 | 7751 | 7948 | 8142 | 8330 | 8512 | 8689 | 8860 |
| خراسان | 3165 | 3330 | 3498 | 3670 | 3846 | 4025 | 4208 | 4393 | 4582 | 4773 | 4967 |
| یزد | 817 | 868 | 920 | 975 | 1032 | 1090 | 1151 | 1213 | 1277 | 1343 | 1411 |
| خوزستان | 5031 | 5219 | 5406 | 5593 | 5780 | 5965 | 6148 | 6330 | 6509 | 6687 | 6862 |



[ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ]

جدول ۳- نتایج اجرای نرم‌افزار WASP برای سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰

| نوع نیروگاه | 1390 | 1391 | 1392 | 1393 | 1394 | 1395 | 1396 | 1397 | 1398 | 1399 | 1400 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| گازی کوچک | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| گازی بزرگ | - | - | - | 1 | 2 | 1 | 0 | 11 | 1 | 12 | 14 |
| بخاری | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| سیکل ترکیبی | - | - | - | 6 | 9 | 10 | 11 | 8 | 12 | 9 | 11 |

جدول ٤- داده‌های ورودی WASP مربوط به نیروگاههای کاندید

| نوع نیروگاه | توان تولیدی (MW) | زمان احداث (سال) | عمر (سال) | F.O.R. (درصد) | متوسط سالیانه زمان تعمیرات(روز) | مصرف داخلی (درصد) | راندمان (درصد) | هزینه احداث ($/KW) | هزینه نگهداری($/KW) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| گازی کوچک | 130 | 1 | 20 | 9.8 | 35 | 0.8 | 25 | 620 | 19 |
| گازی بزرگ | 130 | 2 | 15 | 10.2 | 40 | 0.6 | 33.4 | 1000 | 11 |
| بخاری | 325 | 5 | 30 | 12.9 | 56 | 6.4 | 38.5 | 1733 | 34 |
| سیکل ترکیبی | 400 | 5 | 30 | 13.67 | 43 | 1.6 | 50 | 1793 | 12 |

جدول ٦- ویژگیهای چهار اجرای مختلف

| شماره اجرا | ویژگی خاص اجرا |
|---|---|
| اجرای اول | بدون در نظر گرفتن ضرایب مربوط به هزینه سوخت، هزینه خطوط انتقال ارزان |
| اجرای دوم | بدون در نظر گرفتن ضرایب مربوط به هزینه سوخت، هزینه خطوط انتقال ٤٠ درصد گرانتر از اجرای اول |
| اجرای سوم | اجرای اول با در نظر گرفتن هزینه سوخت |
| اجرای چهارم | اجرای دوم با در نظر گرفتن هزینه سوخت |



[ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ] [ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]



جدول ۵- مقادیر $T_{ij}$ برحسب مگا ولت آمپر

| | آذربایجان | باختر | اصفهان | فارس | غرب | هرمزگان | زنجان | کرمان | گیلان | مازندران | سیستان | سمنان | تهران | خراسان | یزد | خوزستان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آذربایجان | | | | | 397 | | 1098 | | 939 | | | | 667 | | | |
| باختر | | | 1500 | | 3632 | | 1097 | | | | | | 4932 | | | 3643 |
| اصفهان | | 1500 | | 316 | | | | | | | | | 1530 | | 1292 | 5512 |
| فارس | | | 316 | | | 1271 | | 1293 | | | | | | | | 3225 |
| غرب | 397 | 3632 | | | | | | | | | | | | | | |
| هرمزگان | | | | 1271 | | | | 2455 | | | 197 | | | | | |
| زنجان | 1098 | 1097 | | | | | | | 2631 | | | | 1528 | | | |
| کرمان | | | | 1293 | | 2455 | | | | | 836 | | | | 1868 | |
| گیلان | 939 | | | | | | 2631 | | | 397 | | | 1292 | | | |
| مازندران | | | | | | | | | 397 | | | 1581 | 2443 | 878 | | |
| سیستان | | | | | | 197 | | 836 | | | | | | | | |
| سمنان | | | | | | | | | | 1581 | | | 1408 | 909 | | |
| تهران | 667 | 4932 | 1530 | | | | 1528 | | 1292 | 2443 | | 1408 | | | | |
| خراسان | | | | | | | | | | 878 | | 909 | | | | |
| یزد | | | 1292 | | | | | 1868 | | | | | | | | |
| خوزستان | | | 5512 | 3225 | | | | | | | | | | | | |

[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ] [ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]



جدول ۷ – نتایج جایابی نیروگاه و خطوط انتقال جدید اجرای اول( S نیروگاه بخاری، G نیروگاه گازی و CC نیروگاه سیکل ترکیبی)

| خطوط انتقال جدید بین نواحی مختلف | | | | نتایج جایابی نیروگاهها | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال احداث | ظرفیت | شین انتها | شین ابتدا | 1400 | 1399 | 1398 | 1397 | 1396 | 1395 | 1394 | 1393 |
| 1393 | | FARS | ESFAHAN | | | | | | | | آذربایجان |
| 1393 | 3.23 | GHARB | FARS | | | | | | | | |
| 1393 | 10.38 | ZANJAN | GHARB | | | 10CC | 11G+8CC | 11CC | 1G+5CC | | باختر |
| 1393 | | MAZANDARAN | GILAN | | | | | | | | |
| 1393 | 5.22 | KERMAN | KHORASAN | | | | | | | | اصفهان |
| 1394 | | ESFAHAN | BAKHTAR | | | | | | | | |
| 1394 | 2.70 | FARS | ESFAHAN | 1S+6G+11CC | 12G+9CC | | | | | | فارس |
| 1394 | | KERMAN | FARS | | | | | | | | |
| 1395 | 8.91 | ESFAHAN | BAKHTAR | | | | | | | | غرب |
| 1395 | | FARS | ESFAHAN | | | | | | | | |
| 1396 | 2.51 | ZANJAN | BAKHTAR | | | | | | | | هرمزگان |
| 1396 | | FARS | ESFAHAN | | | | | | | | |
| 1396 | 8.00 | GHARB | FARS | | | | | | | | زنجان |
| 1396 | | ZANJAN | GHARB | | | | | | | | |
| 1397 | 9.27 | ESFAHAN | BAKHTAR | | | | | | | 5CC | کرمان |
| 1397 | | FARS | ESFAHAN | | | | | | | | |
| 1397 | | GHARB | FARS | | | | | | | | گیلان |
| 1398 | 0.50 | ESFAHAN | BAKHTAR | | | | | | | | مازندران |
| 1398 | | YAZD | ESFAHAN | | | | | | | | |
| 1398 | 1.97 | GHARB | FARS | | | | | | | | سیستان |
| 1398 | | KERMAN | FARS | | | | | | | | |
| 1398 | 6.65 | KERMAN | KHORASAN | | | | | | | | سمنان |
| 1399 | | ESFAHAN | SEMNAN | | | | | | | | |
| 1399 | 1.06 | ESFAHAN | BAKHTAR | | | | | | | | |
| 1399 | 11.45 | FARS | ESFAHAN | | | 1G+2CC | | | | 2G+4CC | تهران |
| 1399 | | YAZD | ESFAHAN | | | | | | | | |
| 1400 | 3.17 | ESFAHAN | SEMNAN | | | | | | | | خراسان |
| 1400 | 23.48 | KERMAN | FARS | | | | | | | | |
| 1400 | | KERMAN | KHORASAN | | | | | | | | یزد |
| 1400 | 5.64 | ESFAHAN | SEMNAN | | | | | | | | |
| | | AZARBAYJAN | BAKHTAR | | | | | | 5CC | | خوزستان |

جدول ۸- نتایج جایابی نیروگاه و خطوط انتقال جدید اجرای دوم

| خطوط انتقال جدید بین نواحی مختلف | | | | نتایج جایابی نیروگاهها | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال | ظرفیت | شین انتها | شین ابتدا | 1400 | 1399 | 1398 | 1397 | 1396 | 1395 | 1394 | 1393 |
| 1393 | 3.23 | FARS | ESFAHAN | | | | | | | | آذربایجان |
| 1393 | 10.38 | GHARB | FARS | | 4G+4CC | | 9G+8CC | 11CC | 8CC | | باختر |
| 1393 | 5.22 | ZANJAN | GHARB | 5G+11CC | | | | | | | اصفهان |
| 1393 | 2.70 | MAZANDARAN | GILAN | 1S+1G | | | | | | | فارس |
| 1394 | 8.91 | KERMAN | KHORASAN | | | | | | | | غرب |
| 1394 | 2.51 | ESFAHAN | BAKHTAR | | 4G | 2CC | | | | 1G+1CC | هرمزگان |
| 1395 | 10.48 | GHARB | FARS | | 5CC | | | | | | زنجان |
| 1395 | 3.10 | ZANJAN | GHARB | | | 1G+3CC | | | 1G+1CC | 1G+1CC | کرمان |
| 1395 | 2.04 | MAZANDARAN | GILAN | | | | | | | | گیلان |
| 1396 | 5.92 | TEHRAN | ESFAHAN | | | | | | | | مازندران |
| 1396 | 1.81 | GHARB | FARS | | | | | | 1CC | | سیستان |
| 1397 | 36.59 | ESFAHAN | BAKHTAR | | | | | | | | سمنان |
| 1397 | 6.29 | GHARB | FARS | | | 5CC | | | | 7CC | تهران |
| 1397 | 4.72 | MAZANDARAN | GILAN | | 4G | 1CC | 1G | | | | خراسان |
| 1398 | 27.91 | ESFAHAN | BAKHTAR | | | | 1G | | | | یزد |
| 1398 | 3.29 | FARS | ESFAHAN | | | 1CC | | | | | خوزستان |
| 1398 | 0.71 | YAZD | ESFAHAN | | | | | | | | |
| 1399 | 69.41 | ESFAHAN | BAKHTAR | | | | | | | | |
| 1399 | 41.70 | TEHRAN | ESFAHAN | | | | | | | | |
| 1399 | 15.31 | KHOZESTAN | ESFAHAN | | | | | | | | |
| 1399 | 4.77 | YAZD | ESFAHAN | | | | | | | | |
| 1399 | 1.21 | YAZD | KHORASAN | | | | | | | | |
| 1399 | 1.55 | ESFAHAN | SEMNAN | | | | | | | | |
| 1400 | 35.51 | FARS | ESFAHAN | | | | | | | | |
| 1400 | 13.22 | ESFAHAN | SEMNAN | | | | | | | | |



[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ]
[ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]

جدول ۹- نتایج جایابی نیروگاه و خطوط انتقال جدید اجرای سوم

| | 1393 | 1394 | 1395 | 1396 | 1397 | 1398 | 1399 | 1400 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آذربایجان | | | | | | | | |
| باختر | | | | | | | | |
| اصفهان | | | | | | | | |
| فارس | | | 1G+2CC | | 6G+5CC | 1G+12CC | 12G+9CC | 1S+6G+11CC |
| غرب | | | | | | | | |
| هرمزگان | | | | | | | | |
| زنجان | | | | | | | | |
| کرمان | | | | | | | | |
| گیلان | | | | | | | | |
| مازندران | | | | | | | | |
| سیستان | | | | | | | | |
| سمنان | | | | | | | | |
| تهران | | | | | | | | |
| خراسان | | | | | | | | |
| یزد | | | | | | | | |
| خوزستان | 1G+6CC | 2G+9CC | 8CC | 11CC | 5G+3CC | | | |

| خطوط انتقال جدید بین نواحی مختلف | | | |
|---|---|---|---|
| شین ابتدا | شین انتها | ظرفیت | سال احداث |
| ESFAHAN | FARS | 3.23 | 13 |
| FARS | GHARB | 10.38 | 93 |
| GHARB | ZANJAN | 5.22 | 139 |
| GILAN | MAZANDA | 2.70 | 3 |
| KHORASAN | RAN | 8.91 | 13 |
| BAKHTAR | KERMAN | 2.51 | 93 |
| ESFAHAN | ESFAHAN | 4.00 | 13 |
| FARS | FARS | 9.27 | 93 |
| FARS | KERMAN | 14.46 | 13 |
| GHARB | GHARB | 1.44 | 93 |
| ESFAHAN | ZANJAN | 8.00 | 13 |
| ESFAHAN | FARS | 26.50 | 94 |
| FARS | KHOZEST | 15.93 | 13 |
| SEMNAN | AN | 4.32 | 94 |
| BAKHTAR | KERMAN | 0.63 | 13 |
| BAKHTAR | ESFAHAN | 0.52 | 94 |
| FARS | ESFAHAN | 20.98 | 139 |
| FARS | KHOZEST | 30.60 | 5 |
| GHARB | AN | 33.60 | 13 |
| GILAN | GHARB | 5.25 | 95 |
| SEMNAN | KERMAN | 0.64 | 13 |
| FARS | KHOZEST | 2.03 | 96 |
| GHARB | AN | 3.00 | 139 |
| KHORASAN | MAZANDA | 3.30 | 6 |
| SEMNAN | RAN | 1.49 | 139 |
| GHARB | ESFAHAN | 47.84 | 6 |
| ZANJAN | HORMOZG | 7.36 | 13 |
| GILAN | AN | 9.57 | 96 |
| AZARBAYJAN | ZANJAN | 0.52 | 13 |
| BAKHTAR | KERMAN | 23.79 | 97 |
| FARS | ESFAHAN | 12.88 | 13 |



[ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ]

[ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ]

**جدول ۱۰- نتایج جایابی نیروگاه و خطوط انتقال جدید اجرای چهارم**

| نتایج جایابی نیروگاهها | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1393 | 1394 | 1395 | 1396 | 1397 | 1398 | 1399 | 1400 |
| آذربایجا | | | | | | | | |
| باختر | | | | | | | | |
| اصفهان | | | | | | | | |
| فارس | | | 1G+2CC | | 5G+1CC | 11CC | 12G+9CC | 1S+6G+11CC |
| غرب | | | | | | | | |
| هرمزگان | | | | | | | | |
| زنجان | | | | | | | | |
| کرمان | | | | | | | | |
| گیلان | | | | | | | | |
| مازندران | | | | | | | | |
| سیستان | | | | | | | | |
| سمنان | | | | | | | | |
| تهران | | | | | | | | |
| خراسان | | | | | 6G | 1G+1CC | | |
| یزد | | | | | | | | |
| خوزستان | 1G+6CC | 2G+9CC | 8CC | 11CC | 7CC | | | |

| خطوط انتقال جدید بین نواحی مختلف | | | |
|---|---|---|---|
| شین ابتدا | شین انتها | ظرفیت | سال احداث |
| ESFAHAN | FARS | 3.23 | 139 |
| FARS | GHARB | 10.38 | 3 |
| GHARB | ZANJAN | 5.22 | 1393 |
| GILAN | MAZANDARAN | 2.70 | 139 |
| KHORASAN | KERMAN | 8.91 | 3 |
| BAKHTAR | ESFAHAN | 2.51 | 139 |
| ESFAHAN | FARS | 4.00 | 3 |
| FARS | KERMAN | 9.27 | 139 |
| FARS | GHARB | 14.46 | 3 |
| GHARB | ZANJAN | 1.44 | 139 |
| ESFAHAN | FARS | 8.00 | 4 |
| ESFAHAN | KHOZESTAN | 26.50 | 139 |
| FARS | KERMAN | 15.93 | 4 |
| SEMNAN | ESFAHAN | 4.32 | 139 |
| BAKHTAR | ESFAHAN | 0.63 | 4 |
| BAKHTAR | KHOZESTAN | 0.52 | 1395 |
| FARS | GHARB | 20.98 | 139 |
| GHARB | KHOZESTAN | 33.60 | 5 |
| GILAN | MAZANDARAN | 5.25 | 139 |
| FARS | HORMOZGAN | 13.25 | 6 |
| FARS | KERMAN | 29.29 | 1396 |
| HORMOZGAN | KERMAN | 31.32 | 1396 |
| SEMNAN | ESFAHAN | 1.32 | 139 |
| ESFAHAN | YAZD | 3.09 | 6 |
| BAKHTAR | KHOZESTAN | 33.29 | 139 |
| ESFAHAN | YAZD | 3.09 | 7 |
| GHARB | ZANJAN | 4.00 | 139 |
| SEMNAN | ESFAHAN | 1.31 | 7 |
| | | | 1397 |
| | | | 1397 |

به احداث خطوط انتقال(افزایش هزینه احداث خطوط انتقال)، واحدهای تولیدی در مناطقی توزیع می‌شوند که در مجموع خطوط انتقال کمتری مورد نیاز باشد.

## ۵ ـ نتیجه‌گیری

در این مقاله روش نوینی برای برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها ارائه شد که قادر است با روشهای ابتکاری مهندسی بر پایه ضرایب حساسیت با در نظر گرفتن محدودیتهای تأمین سوخت و خطوط انتقال علاوه بر تعیین نوع، ظرفیت و زمان احداث نیروگاههای جدید امکان احداث آنها را نیز بیابد. با توجه به خصوصیات این روش می‌توان از آن برای شبکه‌های با ابعاد بزرگ نیز استفاده کرد. با توجه به امکان در نظر گرفتن هر پست به عنوان یک منطقه، این روش قادر به تعیین محل دقیق احداث نیروگاه نیز خواهد بود.

براساس روش بیان شده مطالعات برنامه‌ریزی توسعه نیروگاهها برای ایران بین سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ اجرا شد که نتایج آن در جداول این مقاله آورده شده است.

گرچه ابعاد بزرگ مسئله مانع از به‌کارگیری روشهای کلاسیک و نوین ریاضی بررسی حل این برنامه‌ریزی می‌شود ولی در این مقاله سعی شد با به‌کارگیری مفاهیم ضرایب حساسیت روشی ارائه شود که بخشی از واقعیات موجود برای انجام این برنامه‌ریزی نظیر محدودیتهای سوخت و خطوط انتقال در مطالعات گنجانده و لحاظ شدند.

با وجود مطالعات انجام شده در این زمینه، همچنان مطالعات عمیقتری برای لحاظ کردن سطوح مختلف بار، تعیین دقیقتر نوع نیروگاه جایابی شده و تعیین انواع نیروگاه با لحاظ کردن محدودیتهای آلودگی زیست محیطی و غیره مورد نیاز است.

## مراجع


1. Wang, X. and. McDonald, J. R "*Modern Power System Planning*, " McGraw-Hill Publication, 1994.
2. Smith, R. A. and Villegas, A. M. "A Comparative Analysis of Various Optimization Models for Electricity Capacity Expansion," *Int. Trans*. Op. Res. Vol. 4, No. 1, pp. 35-44.,1997.
3. Park, Y. M. Park, J. B. and Won, J. R. "A Hybrid Genetic Algorithm/Dynamic Programming Approach to Optimal Long-Term Generation Expansion Planning", *Electrical Power & Energy System*, Vol. 20, No. 4, pp. 295-303.1998.
4. Xia, Q. Song, Y. H.and Xiang, C. N. "Novel Models and Algorithms for Generation Unit Location Optimization", IEEE *Transaction on Power Systems*, Vol.12, No.4, , pp. 1584-1590,1997.
5. Liu, G. Sasaki, H. andYorino, N. " Application of Network Topology to Long Range Composite Expansion Planning of Generation and Transmission lines," *Electric Power System Research* 57, pp. 157-162,2001.
6. Samarakoon, H. M. D. R. H. Shrestha, R. m. and Fujiwara, O. "A Mixed Integer Linear Programming Model for Transmission with Generation Location Selection", *Electrical Power & Energy System* 23, pp. 285-293,2001
7. Kim, Y. C. "Multicriteria Generation Expansion Planning with Global Environmental Considerations, " *IEEE Transactions on Engineering Managemen*, Vol. 40, No. 2, pp. 154-161,may 1993
8. Fukuyama, Y. and Ching, H. D. "A Parallel Genetic Algoritm for Generation Expansion Planning" *IEEE Transaction on Power System*, Vol.11, No.2, , pp. 955- 961.may 1996
9. Park, J. B Park, Y. M. Won, J. R. and Lee, K. Y. "An Improved Genetic Algorithm for Generation Expansion Planning," *IEEE Transaction on Power System*, Vol. 15, No.3, August, pp. 916-922,aug2000

۱۰."آمار تفصیلی صنعت برق ایران در سال ۱۳۸۱"، معاونت برنامه‌ریزی شرکت توانیر، تیر ۱۳۸۲.





[ Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-05-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287698.1384.24.1.1.4 ]